# 北海道大学
# 水産学部研究彙報

第6巻　第3号

# BULLETIN
# OF THE
# FACULTY OF FISHERIES
# HOKKAIDO UNIVERSITY

Vol. 6　No. 3



北海道大学水産学部
函館市
昭和30年11月

FACULTY OF FISHERIES, HOKKAIDO UNIVERSITY
HAKODATE, JAPAN
NOVEMBER, 1955

# 目　次

# DIATOM COMMUNITIES IN WESTERN ALEUTIAN WATERS ON THE BASIS OF NET SAMPLES COLLECTED IN MAY-JUNE 1953*

Sigeru MOTODA and Yutaka KAWARADA

*Faculty of Fisheries Hokkaido University* *Hakodate Marine Observatory*

The present studies are based on materials collected by the Training Ship "Oshoro Maru" of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University, during her training and research cruise to the western Aleutian waters from May to June 1953. The main purpose of the studies is to get the figure of distribution of diatom communities in upper layers of these areas which are certainly bounded by particularities of the water system.

The plankton net used in samplings measures 20 cm in mouth diameter and 68 cm in length along the side; it is made of fine bolting silk, XX 16, i. e., 157 meshes a linear inch. Samplings were made by 50 metre approximately vertical hauls.

The positions and dates of the samplings were quite the same as those of zooplankton samplings (fig. 1 and appendix; cf. Anraku, 1954). The number of stations, however, is different from those given in the hydrographic studies by Mishima & Nishizawa (1955), so that in referring to their hydrographic data care is necessary to read degrees of latitude and longitude of the stations, but not the number of the stations.

In the areas investigated the diatom flora is comparatively rich in species including the following nine leading species:

| | | |
|---|---|---|
| *Chaetoceros* | *atlanticus* | *Corethron hystrix* |
| *Ch.* | *convolutus* | *Denticula* sp. |
| *Ch.* | *debilis* | *Nitzschia seriata* |
| *Ch.* | *decipiens* | *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* |
| *Ch.* | *radicans* | |

In addition to these species, *Coscinodiscus oculus iridis*, *Thalassiosira decipiens*, *Th. nordenskiöldii* and *Thalassiothrix longissima* are more or less abundant through the entire area, and *Nitzschia closterium* is also sometimes rather abundant though in restricted location. A few species of dinoflagellates and tintinnodes are present too but in very small quantities.

Although the quantitative values of the present samples are limited because of difficulty of exact estimation of filtration coefficient of the net, counting of the cell numbers of diatoms is made to get an approximate figure of density of population

* おしょろ丸北洋調査報告 No. 3 (1953年度)

which, together with the composition of the population, might have bearing upon the hydrography of the areas.

Illustrated in figures 2-6 respectively is the quantitative distribution of diatoms as given by the cell numbers of total communities as well as by those in percentage of four major groups separately, i. e., *Chaetoceros-Hyalochaete*, *Chaetoceros-Phaeoceros*, *Nitzschia seriata* and *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*.

From the characteristics of the diatom communities in respect to their density as well as to their composition, the areas investigated may be divided into six regions: they are symbolized by **A**, **B**, **C**, **D**, **E** and **F** in figure 1 and table 1.

Table 1. Abridged table showing characteristics of diatom communities in six regions

| | Regions | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Total number of diatom cells per $m^3$ per a station | $3\times10^7$ | $3\times10^4$ | $6\times10^4$ | $3\times10^5$ | $8\times10^4$ | $4\times10^5$ |
| Percentage of six major groups | *Chaetoceros—Hyalochaete* | 82 | 41 | 0 | 7 | 17 | 2 |
| | *Chaetoceros—Phaeoceros* | 6 | 15 | 69 | 67 | 8 | 60 |
| | *Corethron hystrix* | + | + | 13 | 2 | 7 | 8 |
| | *Denticula* sp. | 1 | 6 | 16 | 5 | 2 | 4 |
| | *Nitzschia seriata* | 2 | 12 | + | 4 | 50 | 4 |
| | *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* | 2 | 24 | + | 11 | 13 | 19 |
| | Diatoms miscellaneous | 7 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 |

## A Region

The **A** region covering St. 1, 4-8, 10 and 20 around the Near Islands and Rat Islands is densely populated with diatoms which are present to the number of more than one million cells per 1 $m^3$ of water. *Chaetoceros-Hyalochaete* group, mainly composed of *Chaetoceros constrictus*, *Ch. compressus*, *Ch. debilis*, *Ch. decipiens*, *Ch. radicans* and *Ch. teres*, are most prevalent. Every station in this region shows the occurrence of *Hyalochaete* in the bulk more than 60 per cent of the total numbers of diatoms; especially on the course from St. 4 to St. 8 this group is remarkably predominant, forming more than 80 per cent of the total. Other diatoms, such as *Chaetoceros convolutus*, *Nitzschia closterium*, *Nitz. seriata*, *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*, *Thalassiosira nordenskiöldii*, *Thalassiothrix longissima*, etc., are also found to be prevalent though to a less extent.

It is supposed from the fact of the richness in diatom population as well as of the nearly monotonous presence of fine species of Subgenus *Hyalochaete* that the waters in **A** region are much influenced by neritic elements. Low transparency and green colour of water have been reported in this region (Taguchi & Hirose, 1954).

It has heen found that a warm water mass of low salinity moves westward along the southern side of the Aleutian Chain from far to the east and turns into the Bering

Sea passing through the channels between the Aleutian Islands (Barnes & Thompson, 1938; Sverdrup *et al.*, 1942; Watanabe, 1954; Mishima & Nishizawa, 1955). The communities found in **A** region resemble to certain extent those of the neritic waters in the Bering Sea on the coast of Alaska Peninsula which fact has been reported by Aikawa (1938).

## B Region

In the **B** region covering St. 11 and 12 the total population of diatoms is very small, less than 1000000 cells per 1 m³ of water. The leading forms are *Hyalochaete*, among which *Chaetoceros decipiens* prevails, as in **A** region but in less percentage. On the other hand, *Phaeoceros* including *Chaetoceros convolutus*, *Nitzschia seriata* and *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*, become relatively abundant. Thus the **B** region is characterized by the paucity of total diatom population, the occurrence of *Phaeoceros* and relative decrease in number of *Hyalochaete*. These facts will indicate that warm water of low salinity from **A** region here contacts and mingles with the cold oceanic water from **D** region; that is the **B** region is an intermediate mixing area between **A** and **D** regions.

## C Region

The **C** region covers St. 2 and 4. Although the amount of total diatoms is very small as in **B** region, the simplicity of communities and the predominance of *Phaeoceros* clearly show that water of this region differs from neritic water. *Phaeoceros* including *Chaetoceros atlanticus*, *Ch. concavicornis*, *Ch. convolutus*, etc., of which the predominant species is *Ch. convolutus*, occupy more than 55 per cent of total number of diatoms, and in addition, typical cold water species, *Corethron hystrix* and *Denticula* sp. are present, while *Hyalochaete* is entirely absent. These facts indicate that the water in this region is purely oceanic. The water in this region has been reported to be very transparent, more than 20 metres of Secchi disc reading (Taguchi & Hirose, 1954). Although Taguchi & Hirose (1954) and also Mishima & Nishizawa (1955) have judged this region to be the continuation of Kuroshiwo extension, the diatom communities observed here suggest that the surface water of this region is more like to that of cold oceanic waters of **D** region.

## D Region

The **D** region covering St. 13, 15, 19 and 21, contains diatom cells varying from 7500 to 800000 per 1 m³ of water, showing thus a more dense population than in **B** or **C** region. The communities are characterized by the predominance (60 per cent of total diatoms) of *Phaeoceros* mainly comprising *Chaetoceros atlanticus* and *Ch. convolutus*.

Together with these species, *Corethron hystrix*, *Denticula* sp. and *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* are also abundantly found here. These communities quite resemble those in C region far to the south-east, both reflecting the cold oceanic nature of the water. It has been suggested from the observations on the drift course of ice bergs that there might exist a surface current from the northern Bering Sea to near the western Aleutian Chain through the northeastern offing of Kamchatka (Hokkaido-Cho, 1906).

It is known that diatom communities in wide areas of the Bering Sea are represented by *Phaeo*-plankton associations (Aikawa, 1932, 1933, 1935, 1936a, 1936b, 1938, 1940; Kanno, 1936). The similarity of communities between **D** region and those in a large part of the Bering Sea and the suggestion of a surface current above mentioned will indicate that this region has a water mass very similar to that of the northern reaches of the Bering Sea. So far as the surface water is concerned the water mass in this region seems from the present data to be of different origin from that suggested by the results of the hydrographic studies of Mishima & Nishizawa (1955).

### E Region

The **E** region covers St. 17, 18 and 23. The count of diatoms is relatively low, being only about 100000 cells per 1 m$^3$ of water. *Nitzschia seriata* is prevalent and *Chaetoceros debilis* is present in considerable number, while *Phaeoceros* remarkably decrease in occurrence. These communities are typically represented at St. 17 and 23, indicating the neritic nature of the water to certain extent, while at St. 18 certain effects of cold oceanic water are proved by the presence of *Nitzschia seriata* and *Chaetoceros convolutus* in about equal number and also by the abundant occurrence of *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*.

Although both **A** and **E** regions are shown to be of neritic nature in respect to diatom communities, there is a wide difference between the two in the composition of communities, indicating that the water comes from different origins. The presence of *Nitzschia seriata* in considerable number in **E** region suggests that the water in this region is influenced by the coastal waters near Kamchatka, because this species has been reported to be the most prevalent one in the neritic waters on both the east and the west coasts of Kamchatka (Aikawa, *loc. cit.*; Tsuruta & Chiba, 1954).

### F Region

The **F** region covers St. 16 and 24. The water is populated with diatoms in considerable density. The most predominant species is *Chaetoceros convolutus*. *Corethron hystrix* and *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* are also fairly numerous. Curiously *Nitzschia seriata* is hardly observed, numbering only about 4 per cent of the total diatoms. Thus the communities in this region show a close resemblance with those of

C and D region reflecting the presence of cold oceanic water, but not with those of E region. The limitation of areas investigated leaves unsolved the origin of the water in F region.

There are certain facts of disaccord in diatom associations in the present areas between the results of the preceding investigators and the present data. That is, (1) *Thalassiothrix*, *Coscinodiscus* and *Thalassiosira* have been reported to be the most representative forms in the Aleutian waters, but in the present investigations they appear only in small quantities; (2) *Chaetoceros atlanticus* is known to be the most dominant and wide-spread species in these areas, but it is abundantly collected only at one station in the present cruise; (3) on the other hand, *Hyalochaete* group are widely found in the present cruise, while the previous investigators have reported that the distribution of this species is certainly localized.

## Summary

1. The diatoms are comparatively abundant, as a whole, in the upper layers of the areas investigated, occurring about one hundred million cells per 1 $m^3$ of water in the maximum, about ten million in average and about several thousand in the minimum.
2. The leading species are *Chaetoceros atlanticus*, *Ch. convolutus*, *Ch. debilis*, *Ch. decipiens*, *Ch. radicans*, *Corethron hystrix*, *Denticula* sp., *Nitzschia seriata* and *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*.
3. From the characteristics of the diatom communities six regions are distinguishable in the investigated areas (fig. 1).
4. The A region is characterized by *Chaeto*-plankton associations, demonstrating the neritic nature of the water.
5. The B region presents mixed communities of *Chaeto*-plankton, *Phaeo*-plankton, *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* and *Nitzschia seriata*, indicating that the water is mixed with cold oceanic water to a certain extent.
6. The C region is also represented by *Phaeo*-plankton associations, indicating the purely cold and oceanic nature of the water.
7. The D region is also represented by *Phaeo*-plankton associations, indicating cold oceanic water like that in the C region.
8. The E region is mainly occupied by *Nitzschia seriata*, having similar communities to those of the neritic water off Kamchatka that have been reported by the preceding investigators.
9. The F region is indicated to be oceanic by diatom communities.

The authors are gratefully obliged to Dr. Y. Takenouti of the Hakodate Marine

Observatory for his kind criticism of the oceanographic considerations in the present studies and to Mr. S. Nishizawa of the University for his kindness in giving many valuable advices during the studies. Cordial thanks are due to Captain S. Mishima and his crew aboard the "Oshoro Maru" for their courtesy in providing facilities for samplings and also to Mr. N. Ogawa, a student of the University at that time, for his help in the laborious work of making the samplings at sea.

## Literature cited

Aikawa, H. (1932). On the summer plankton in the waters of the west Aleutian Islands in 1928. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **1** (2), 70-74. (in Japanese).

——— (1933). On the planktology of Okhotsk Sea in autumn. *Ibid.* **2** (4), 175-182. (in Japanese).

——— (1935). On the quantitative analysis of the plankton association in the adjacent seas of Japan III. *Jour. Imp. Fish. Exp. Sta.* (6), 131-172. (in Japanese).

——— (1936a). The planktological properties of the principal sea areas surrounding Japan. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **5** (1), 33-41. (in Japanese).

——— (1936b). On the diatom communities in the waters surrounding Japan. *Rec. Oceanogr. Wks. Jap.* **3** (1), 1-159.

——— (1938). On the quantitative analysis of the plankton associations in the adjacent seas of Japan V. *Jour. Imp. Fish. Exp. Sta.* (9), 67-86. (in Japanese).

——— (1940). [On the plankton associations in the Bering Sea and the Okhotsk Sea]. *Kaiyô-Gyogyô* **5** (1), 20 31. (in Japanese).

Anraku, M. (1954). Gymnoplea copepoda collected in Aleutian waters in 1953. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* **5** (2), 123-136.

Barnes, C. A. & Thompson, T. G. (1938). Physical and chemical investigations in Bering Sea and portions of the North Pacific Ocean. *Univ. Wash., Publ. Oceanogr.* **3** (2), 35-79.

Hokkaido-Cho Daisambu (1906). [*Report of the investigations of drifting ice-bergs in Hokkaido*]. (in Japanese).

Kanno, R. (1935). The distribution of plankton during summer in the South Okhotsk Sea and on the coast of Kamchatka. *Jour. Fish., Hakodate Coll. Fish.* (38), 22-32. (in Japanese).

Mishima, S. & Nishizawa, S. (1955). Report on hydrographic investigations in Aleutian waters and the southern Bering Sea in the early summer of 1953 and 1954. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* **6** (2), 84-124.

Sverdrup, H. U., Johnson, M. W. & Fleming, R. H. (1942). *The oceans; their physics, chemistry and general biology.* 1087p. N. Y. Prentice-Hall Inc.

Taguchi, K. & Hirose, Y. (1954). Surface current and oceanographical condition in the northern Pacific salmon fishing ground. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **20** (7), 576-580. (in Japanese).

Tsuruta, A. & Chiba, T. (1954). On the distribution of plankton at the fishing ground of salmons in the North Pacific, 1952. *Jour. Shimonoseki Coll. Fish.* **3** (3), 39-45. (in Japanese).

Watanabe, N. (1954). A report on oceanographical investigations in the salmon fishing grounds of the North Pacific, 1952 and 1953. *Special Publ. Tokai Reg. Fish Res. Lab.* (3), 1-5. (Mimeogr.).

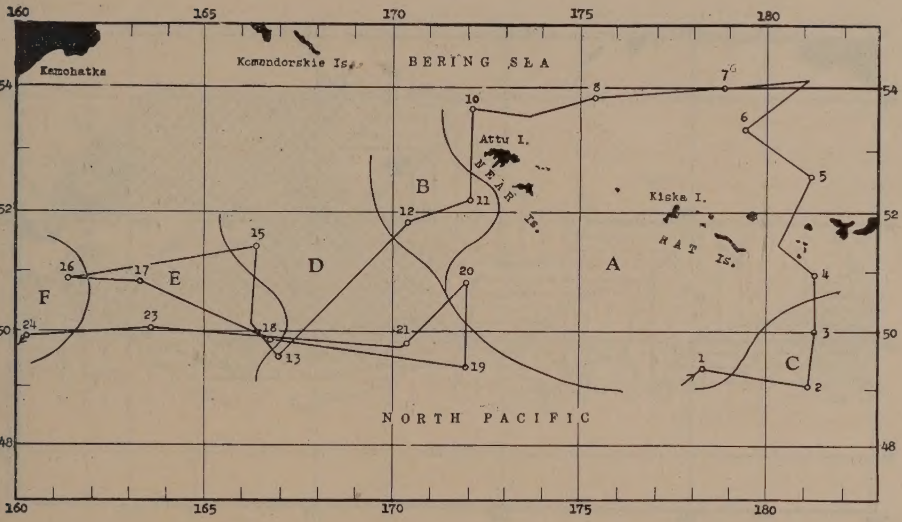



Fig. 1. Approximate sampling positions (1—8, 10—13, 15—21, 23—24) and demarcation of regions (**A–F**) which are set according to the characteristics of diatom communities

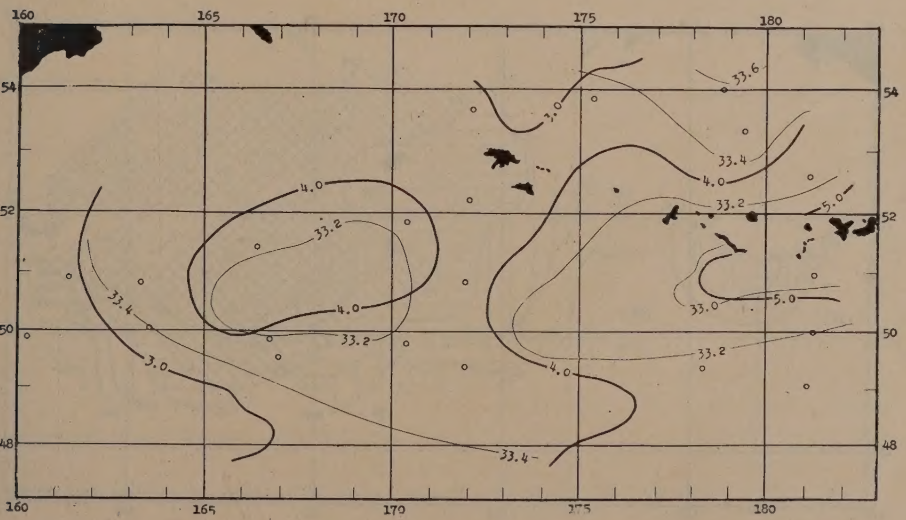


Fig. 2. Isotherms and isohalines at the surface (Mishima & Nishizawa, 1955)

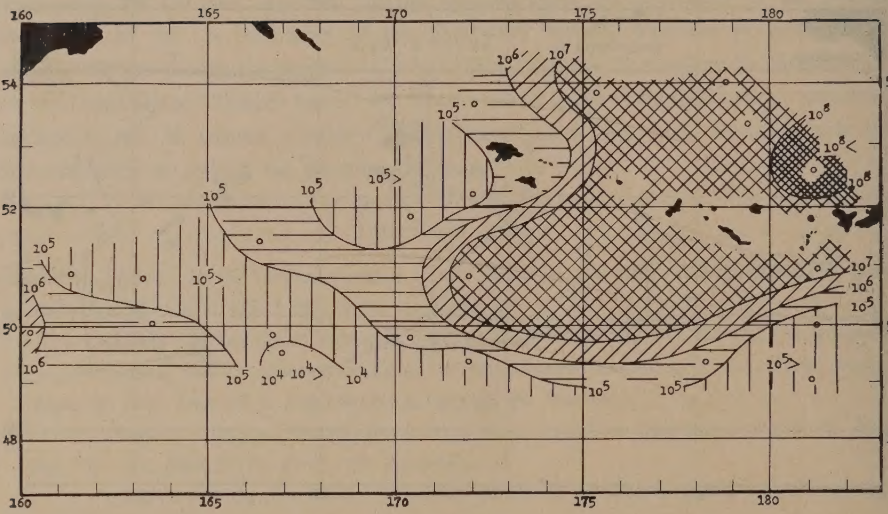



Fig. 3. Horizontal distribution of total numbers of diatoms

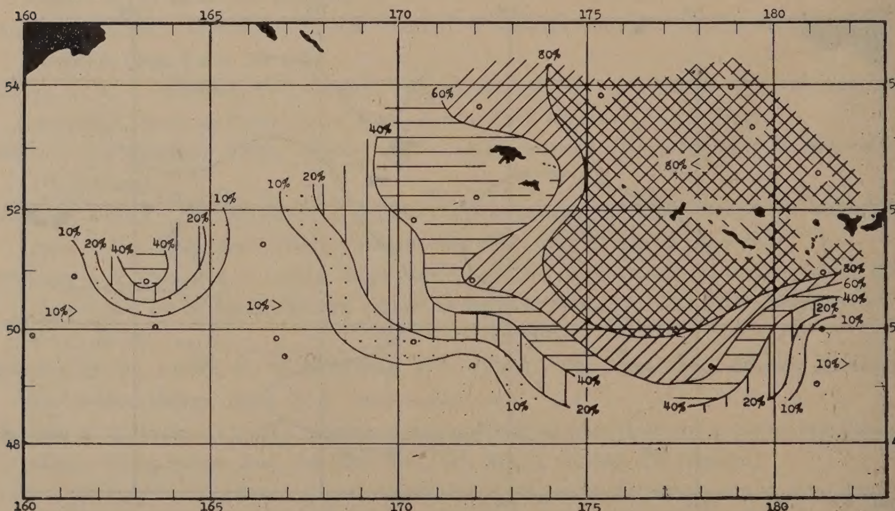



Fig. 4. Occurrence of *Chaetoceros–Hyalochaete* in percentage of total diatoms in each haul

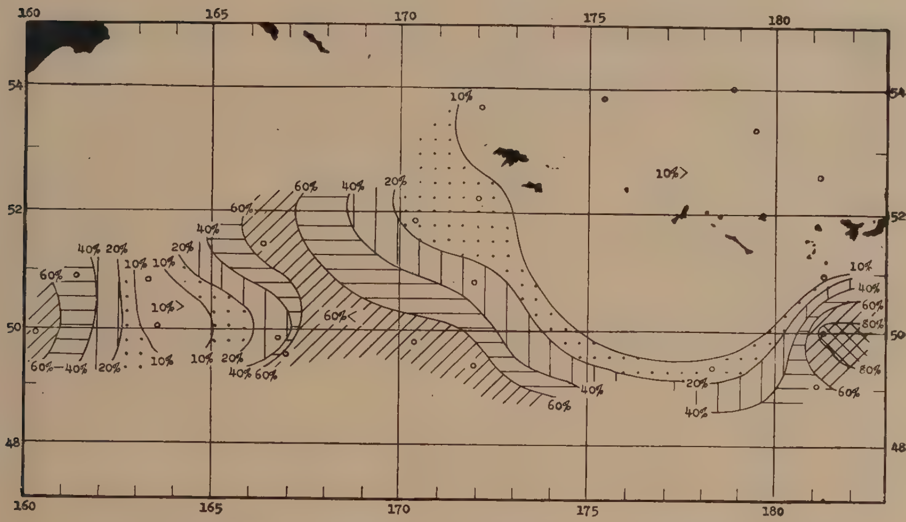


Fig. 5. Occurrence of *Chaetoceros–Phaeoceros* in percentage of total diatoms in each haul

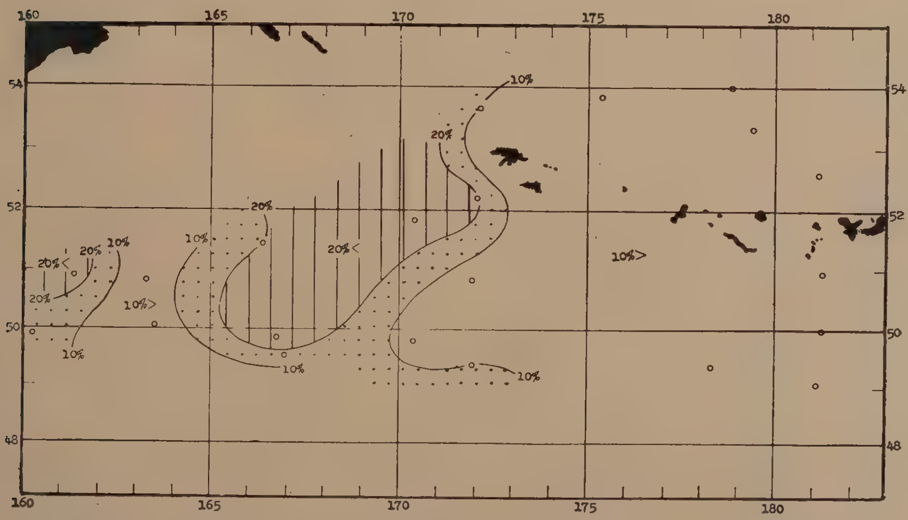


Fig. 6. Occurrence of *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* in percentage of total diatoms in each haul

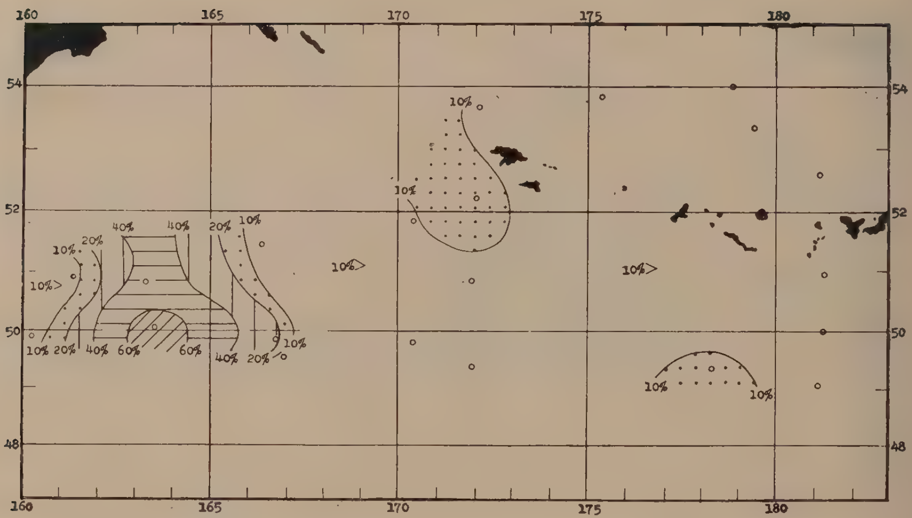



Fig. 7. Occurrence of *Nitzschia seriata* in percentage of total diatoms in each haul

# サクラマス (*ONCORHYNCHUS MASOU*) の SMOLT の降海途中に於ける血液性状の変化

久保達郎
(北海道大学水産学部淡水増殖学教室)

# Changes of Some Characteristics of Blood of Smolts of *Oncorhynchus masou* during Seaward Migration

Tatsuro KUBO

**Abstract**

In a previous report, the author stated that, in smolts of some salmonoid fishes, the freezing points of blood become fairly higher after parr-smolt transformation as compared with those of parr or dark parr.

But, as results of later studies on the blood of *sakura-masu* (*Oncorhynchus masou*), it was found that changes of characteristics of blood were not so simple as had been formerly stated.

In the latter part of smolt life, when the fish are about to descend actively to the sea, the freezing points of blood become lower again. This tendency is also observed in the seasonal fluctuations of freezing points of blood of smolts reared in an artificial pond. Likewise, in this stage, the chloride content, urea content, amino acid content and the density of blood tend to decrease. Inversely, the total nitrogen content, lipoid phosphorus content, and the water content of blood tend to increase.

In an ecological survey, changes in the behavior patterns of smolts were observed, namely, during the latter part of smolt life the fish tend to move down stream into deeper still water, and congregate into a large school in lower pool of a stream, where the water temperatures of the environment are higer than those in early smolt stage.

These changes in behavior and external environment during this stage might be correlated with changes in internal medium, accompanying a critical period, at which the smolts are prepared to enter sea water actively.

---

## 緒　　言

筆者 (1953, 1954) はさきにサケマス類の血液の氷点降下度についてかなり詳しく論じ，特にサクラマス幼魚の変態に際しては氷点降下度の増大と同時に尿素，アミノ酸の量の増加及び蛋白質の量の低減の傾向のある事を指摘し，それが魚の洄游行動の前ぶれであるかも知れないと推測したが，その後，観察の度を重ねた結果，血液の性状の変化及びそれと魚の習性，洄游機構との関係はそれ程単純ではなく，降海直前に於てはそれ迄とは全く逆の状態になる事が明となつた。

本報に於てはサクラマスの smolt の血液の氷点降下度，塩分，比重，水分量，尿素，アミノ酸，蛋白質及びリポイド燐の消長について述べ，併せて各時期に於ける環境条件及び魚の習性とを比較考察した。

本文を草するに方り，北大水産学部七飯養魚実習場に於て実験材料の飼育管理に並々ならぬ力を尽された山本晋太郎，吉田弘の両氏に深く謝意を表する。

## 材 料 及 び 方 法

材料の大部分は1951年春より1955年春の間，河川に於て自然生活にあるものを用い，主として筆者自身が

釣によつて捕獲し，その場所に於て採血した。尚，同時に比較観察した池中飼育の魚は北大水産学部七飯養魚実習場に於て孵化（1954年1月）した同一群を養成したもので，その年令及び成長の状況は自然に於けるものと全く同一のものである。どちらの場合も全長15cm内外の魚である。

採血の要領は前の論文（1953，1954）に示した所である。氷点降下度の測定，窒素化合物の定量方法も亦同様である。血液中の塩分* の定量は， Schales & Schales の方法（Hawk *et al.*, 1952），比重の測定は Hammerschlag の方法（加藤，1950）に筆者が野外用として改変を加えた方法,**水分量の測定は黒田(1941)の方法，リポイド燐の定量は Fiske & SubbaRow の方法（Hawk *et al.*, 1952）によつた。

## 結　　果

自然生活にあるサクラマスの smolt の血液について観察すれば，氷点降下度の値に於て大小の差の著しい二つの型を分ける事が出来る。しかも実際に於てこれら2群の区分は時期，環境及び魚自体の習性上の差による二つの区分と全く合致している。

血液の氷点降下度の大きい型の群をF群，その小さい型の群をL群と仮称すれば，その時期，環境及び習性の型には第1表に示す通り，かなり明かな差異が認められる。

Table 1. Comparison between the former part and the latter part of smolt life

| Stage | Condition of stream | Water temperature | Behavior of fish |
|---|---|---|---|
| F (Early) | Up or mid-stream,<br>shallow rapid | Lower<br>( below about 13°C ) | Non-gregarious |
| L (Late) | Down-stream,<br>still and deep pool | Higher<br>( above about 14°C ) | Gregarious |

第2表に示す所は主として自然生活にある smolt の血液の諸性状である。例外として池中飼育による材料の中，比較的好適な条件に於て成育した魚に関するものを一二挿入した。尚，比較対照の為，海洋生活に移行した後に於ける血液の性状についても附記した。但し人工的に海水に転移した実験によるものは，そのまま自然の海洋生活の状態のものを示すとは言い難いであろう。

単一の魚群の性状に関する季節的変動を観察するために池中に飼育したサクラマスの幼魚についてparr時代の末期より smolt の時代にかけ時期を追つて調べた結果を第1図に示す。氷点降下度の比較的高い部分を見ても，一般に予想される値よりかなり低い。とかく人工的に池で魚を飼育する場合には，栄養は勿論，水温，水流及びその他の環境条件がかなり自然のものと異るために，その血液の性状も恐らく不自然のものであると考えなければならないであろうが，季節的消長等の相対的変化を知るためには役立つであろう。

第1表，第2表を併せて観察すれば次の事が導かれよう。即ち地方による差異は多少あるが，一般に4月から5月初めにかけて parr から smolt への変態が起るが，その時期の血液は氷点降下度に於て $\Delta -0.7°C$ より高く，同時に塩分，尿素，アミノ酸の含量は比較的多く蛋白質含量は比較的少い。しかし5月中頃から6月初めにかけて smolt が降海の途上にあると考えられる場合には前者とは逆に氷点降下度は著しく低下し同時に尿素，アミノ酸の含量も低減し，蛋白質含量は逆に増加する傾向が認められる。

*研究の当初には Van Slyke の方法及び Whitehorn の方法を用いたが，これらは何れも魚の血液の塩分定量に不適当である事が判つた。

**比重計を用いず，媒液であるクロロフオルム・ベンゾール混合液をメスフラスコに入れ，温度を規正して直接に化学天秤で秤量する。

Table 2. Characteristics of blood of smolt on every stage

| Stage | F.P. Δ-°C | Cl mg/dl | Amino acid +NH$^3$ -N mg/dl | Urea + NH$^3$ -N mg/dl | Total -N mg/dl | Lipid -P mg/dl | Density | Water content % | Temp. of stream water °C | Date | Locality |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F | 0.72 | | 58 | 12 | | | | | 9.0 | 16/V, '51 | Chitose R. Chitose |
| | 0.73 | | 52 | 14 | 1430 | | | | 12.0 | 6/VI, '51 | Shibetsu R. Nakashibetsu |
| | 0.74 | 390 | 37 | 23 | 1410 | | 1.0409 | | 6.5 | 26/IV, '51 | Kame R. Izumizawa |
| | 0.70 | | 34 | 25 | 1500 | | | | 11.0 | 4/V, '52 | Koronai R. Shiriuchi |
| | 0.70 | | 35 | 18 | | | '390 | | 12.0 | 10/V, '52 | Kame R. |
| | 0.75 | | 36 | 21 | | | '408 | | 12.0 | 8/VI, '52 | Mataochi R. Nakashibetsu |
| | 0.72 | | 34 | 21 | 1230 | | '484 | | 5.0 | 18/IV, '53 | Kame R. |
| | 0.72 | | 38 | 21 | 1670 | | | | 7.0 | 25/IV, '53 | Koronai R. |
| | 0.74 | | 42 | 24 | 1960 | | '447'448<br>'430 | 84.2 84.0<br>84.6 | 9.5 | 17/V, '53 | Hekirechi R. Kamiiso |
| | 0.70 | 413 | 35 | | | 25 | | | 13.0 | 16/V, '54 | Do. |
| | 0.71 | 421 | 33 | 21 | | | '454'436<br>'430 | 8.09<br>8.67 | 13.0 | 10/V, '55 | Do. |
| | 0.71 | 441 | 32 | 19 | 1650 | 26 | '402'458<br>'423'445<br>'417 | 87.6 84.0<br>86.0 85.7<br>86.1 | 11.5 | 5/VI, '53 | Nanae (pond) |
| L | 0.66 | 406 | 26 | 15 | | | '468<br>'398 | 85.8<br>85.7 | 11.0 | 15/V, '55 | Shin R. Hakodate |
| | 0.64 | 399 | 26 | 13 | 2170 | 31 | '429'350<br>'378'344<br>'440'411<br>'467 | 87.2 86.0<br>86.6 88.9<br>84.7 87.7<br>85.0 | 15.5 | 21/V, '55 | Moheji R. Moheji |
| | 0.66 | 396 | 29 | 14 | | | '369<br>'423 | 85.0<br>87.0 | 15.0 | 4/VI, '55 | Mataochi R. |
| | 0.63 | 368 | 28 | 14 | 2170 | 35 | '400'404<br>'413'424 | 87.8 83.0<br>84.7 81.6<br>83.9 | 14.0 | 5/VI, '55 | Shibetsu R. |
| | 0.61 | 385 | 29 | 18 | 2930 | | | 87.7 85.6<br>86.1 84.3<br>86.7 87.4<br>85.2 | 15.5 | 30/VI, '53 | Nanae (pond) |
| Sea life | 0.82 | 600 | 36 | 18 | 1620 | | '286<br>'374 | 87.9<br>90.5 | | 11/VI, '52 | Akkeshi Bay |
| | 0.71 | | 39 | 21 | | | '493'495<br>'471'464 | 82.2 81.4<br>81.0 | | 8/VII, '53 | (Artificial expt.) |
| | 0.73 | 550 | 36 | 28 | 1740 | | '317'427<br>'375 | 89.3 83.9<br>87.2 | | 12/VI, '54 | Do. |

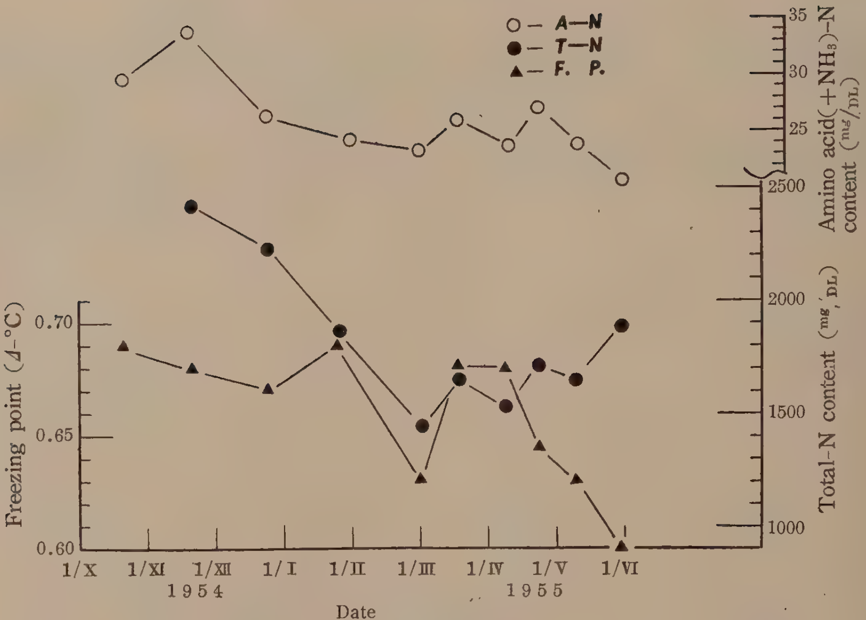



Fig. 1. Seasonal fluctuations of characteristics of blood of fish reared in an artificial pond

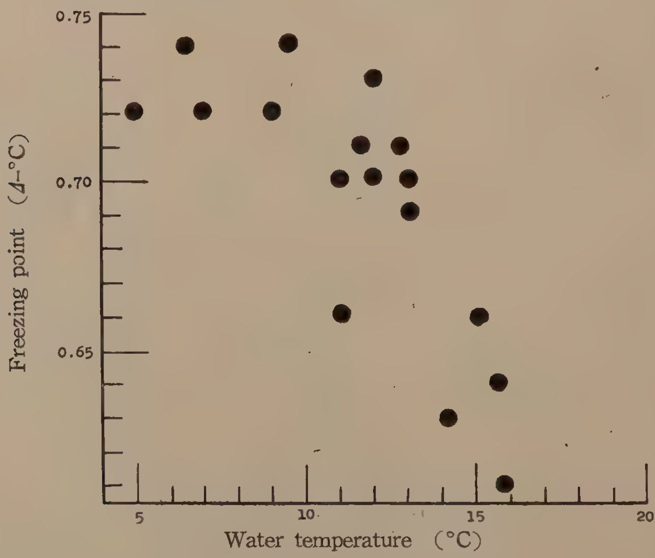



Fig. 2. Correlation between freezing point of blood of smolts and temperature of stream water

両群の間に於ける差異は統計的検定にまつまでもなく明であり，smolt と dark parr との間に示される差異よりも更に顕著である。

smolt の末期に於けるそれら諸性状の変化は海に入つた後再び逆転するもののようである。

リポイド燐の場合は観察例数が少いので今それについて比較する事は困難である。

比重及び水分の場合は他の性状と異り，各個体について観察出来るが，その反面に於てかなり個体変異が大きい。一見して両群の差異は明かでないが，しかし自然状態のもののみについて見れば，前期に於ては比重が大きく，水分量が少いが，後期に於ては比重は小さく，水分量が多いと言う傾向が見られる。

## 考　　察

自然生活の魚に対する観察の結果は勿論同一個体もしくは同一魚群の血液の時期を追う変化を示すものとはならないが，しかし時期，環境及び習性と血液の両面について夫々同時に観察している故に，smolt の生活の前期から後期にかけて環境の条件の変化と血液性状の変化とが互に関聯して起ると言う事を結論してもよいであろう。しかし血液の性状と環境条件との何れが他者を導いているかを判断する事は極めて難しい問題である。動物の習性に於ける週期性を誘導する最も大きな外部環境は季節の推移即ち日照週期であろうと考えられており，特に魚の移動習性に於ても産卵洄游の場合にはその観点より説明出来る事が多いが，サケマス類の降海行動の場合にはその外に直接の動機として他の環境条件の重要視される事がある。Huntsman (1950) はサケマス類の洄游移動の要因として，水温，水流の速さ，水の量，水の深さ及びそれらの変動を論じ，産卵洄游そのものすらも外的要因による所が多いと考えている。White (1940) はカワマスの smolt の降海と河水温との相関を指摘し，又彼 (1939) は Atlantic salmon の smolt の降海と河水温との間の相関を認め，その関係は水温の上昇が smolt の変態を一層早めるために起るものと推定している。その場合水温の外に水の深さ，光の強さも魚の移動に関係があるとしている。日暮 (1938) も亦ヒメマスの smolt の降下と水温との関係を認めている。

第2表の中の水温の部分のみを見ればF群とL群との間には極めて判然とした差が認められる。又，水温と血液の氷点降下度との関係を考察するために第2図を作れば，明に左上より右下に向う逆シグモイド曲線が想定され，更にこの図より四分表を作つて $\chi^2$‒ 検定を行えば，極めて小さい危険率 ($\alpha<0.005$) に於て水温と氷点降下度との無相関の仮説を棄却することが出来る。勿論この事より水温の上昇は血液の氷点降下度の低下が直接の要因であると言う事は出来ないが，少くとも水温の変化は smolt の血液の性状の変化と何かの形式によつて強く関係している事を暗示出来る。

F，L両群に於ける水温以外の環境条件の差としては河口部に於ける海水塩分の影響，水流の速さ，水深の差等が考えられるが，これらは水温の場合と異り，魚自体が選択出来るものであるから，急激な増水のようなものを除いては水温よりも重要性がうすく，むしろそのような棲息環境の差は魚の習性の型の変化の結果による差として考うべきであろう。

降海行動を目前にひかえた smolt の生活の末期に於ける血液性状の変化が果して次の生活環境にそなえ又は誘導する準備的或は要因的なものであるか，若しくは過去の生活及び環境に基く結果的なものであるかは亦重要の課題で，直ちに予測する事は許されないが，両群の間の血液氷点降下度の差異はかなり大きく，単に血液の塩分の差異のみを以ては説明し難く，実際に認められる尿素，アミノ酸の差異と結びつけて初めて説明が可能である。しかし尿素及びアミノ酸の変動と総窒素即ちその主体を占める蛋白質の変動が逆の傾向にある事は魚の体内に於ける窒素の物質代謝の一面を示すものと考えられるが，その生物学的意義は判らない。推測が許されるならば蛋白質量の増加は海水に対する一時的な緩衝作用をするものであるか，若しくは降海前にすでに増加する血液水分量に対する脱水作用を司るものであるかと言う仮説も提起されよう。しかし何れにしても降海後時間を経過したものの血液の性状は再び smolt 前期のものに近い状態になることから見れば，smolt 末期の血液の性状の変化は一時的ではあるが，注意すべき現象であろう。

Fontaine & Fage (1951) は Atlantic salmon の smolt の筋肉の塩分含量が parr のそれよりも低い事を認め，Callamand & Fontaine (1940) は降海前のウナギの筋肉中の塩分の低減を報告し，更に Fontaine & Callamand (1941) はウナギの降海時には体の水分が増加し，幼魚が河川に上る時には減少する事を指摘し，これは体内の無機塩類の増減によるものであり，淡水から海水或は海水から淡水へと魚を誘導する転機を作るものと考えている。このような考察が今の場合に適用されるとすれば，血液の塩分及びその他の減少に基くものと考えられる氷点降下度の低減は smolt が滲透圧の高い海水を求めようとする生理的欲求と降海の本能を誘導するものかも知れないと言う仮説を暗示する。

smolt の末期に於ける血液の水分量の増加は黒田 (1941) 及び黒田・李 (1941) の考察と合致している。又 Fontaine 等 (1941) の示したウナギの体水分の変化と同一の意義を有するであろう。

血液の比重に於ては水分量と逆の傾向が認められるが，個体によつては必ずしもそのようでないものもあるが，これは蛋白質の量の増加と関係があるかも知れない。

池中飼育による材料に基く血液の各種性状の季節的変化の中で氷点降下度に関するものは少くとも 4 月以後の変動に於ては前記の自然生活の smolt のそれと合致している。総窒素の値の季節的変動は久保 (1954) の観察の結果及び自然生活の smolt の場合と同じく冬から変態の時期にかけて一旦低下した値はその後多少の波を打ち乍ら再び上昇している。アミノ酸量の場合は自然生活の smolt の初期の氷点降下度の変動と合致した傾向が認められないが，末期に於ては著しい低下を示している事は氷点降下度の低い値と共に自然生活に於ける状態と似ている。

## 摘 要


1. サクラマスの smolt は変態後かなり長い期間河川内に滞留するが，降海時期が近づけばその血液の性状，環境及び習性に大きな変化が認められる。
2. 変態後，parr 及び dark parr のそれよりも高くなつた血液の氷点降下度，塩分含量，尿素含量，アミノ酸含量及び比重は smolt 生活の末期に於て再び低下し，逆に総窒素含量及び水分量は高くなる。
3. smolt の生活の末期に於てはその棲息環境及び習性にも著しい変化が認められる。特に環境の水温が前期に於けるそれよりも高い事が特徴的である。
4. 血液の性状，環境及び習性に於ける変化は相互に密接な関聯を有し，且，魚が淡水より海水へと移行する一転機を直接又は間接に誘導する役割を有するものと考えられる。


## 文 献


Callamand, O. & Fontaine, M. (1940). La chlorémie de l'anguille femelle an cours de son developpement. *C. R. Soc. Biol.* **211**, 293-300. (*Biol. Abst.* による).

Fontaine, M. & Fage, L. (1951). Sur la diminution de la teneur en chlore du muscle jeunes saumons (smolts) lors de la migration d'avalasion. *C. R. Acad. Sc.* **232**, 2477-2479.

—— & Callamand, O. (1941). Sur certains facteurs des migrations de l'anguille. *Bull. Soc. Zool. France* **66**, 68-76. (*Biol. Abst.* による).

Hawk, P. B. *et al.* (1952). *Practical physiological chemistry.* 1323 p. London.

Huntsman, A. G. (1950). Factors which may affect migration. *The Salmon and Trout Magazine* (130), 227-239.

日暮 忠 (1938). 紅鱒の陸封性に就て. 養殖会誌 **8**, 81-83.

加藤勝治 (1950). 血液学研究法. 596 p. 東京.

久保達郎 (1953). 日本産サケマス類の洄游時に於ける血液について. 第 I 報 血液の氷点降下度. 北大水産彙報 **4**, 138-148.

久保達郎 (1954). サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の変態と血液中の二三の窒素化合物. 北大水産彙報 **5**, 248-252.

黒田嘉一郎 (1941). 血液水分量より観た動物の環境に対する適応. 日本学協報告 **16**, 109-115.

・李基寧 (1941). 魚類血液水分量の生物学的意義. 植物及び動物 **9**, 781-794.

White, H. C. (1939). Factors influencing descent of Atlantic salmon smolts. *J. Fish. Res. Bd. Can.* **4**, 323-326.

———— (1940). Life history of sea-running brook trout (*Salvelinus fontinalis*) of Moser River, N. S. *Ibid.* **5**, 176-186.

# 漁網材料の研究

## IV. 網糸直径の一測定法

三浦鉄雄
(北海道大学水産学部漁具物理学教室)

# Mechanical Studies of Fishing Net Materials

## IV. A method of measuring the diameter of a netting cord

Tetsuo MIURA

**Abstract**

The apparent diameter of a netting cord is measured by the use of the microscope, vernier calipers or micrometer, but the measurement, in the case of soft cord, is often uncertain, because the cord cross-section departs from its circularity as a result of a slight side compression while the cord fineness is varied by a slight tensile force. Therefore, it is usual for the diameter of such cord to be expressed in the substantial size measured by the gravimetric method, but this requires a lot of a time and labor.

The method described in this paper is very simple. The fineness of a cord is expressed in the value of the diameter at rupture measured by the use of the micrometer. The diameter at rupture and the substantial diameter are well in proportion, and such the proportional relation is given by formula (1) for cotton cord and (2) for amilan cord.

If the measurement of the diameter at rupture is obtained, these formulas enable one to compute the approximate value of the substantial diameter. Roughly speaking, in the case of the cotton cord 0.95 times the former gives the latter while in the amilan cord these two are about equal.

---

### 緒言

網糸の見掛けの太さは，顕微鏡，ノギス或はマイクロメーターなどで測られ，実質の太さは比重法によつて求められる。見掛けの太さは，剛い糸では大体確定するが，軟かい糸では糸そのものが変形しやすいので，どんな状態の時の太さをもつて固有の太さとするかを決めない限り不確定である。

それで軟かい糸の太さは普通比重法によつているが，これが実は見掛けの太さを測る場合と同様に糸のどんな状態の時の長さをもつて固有の長さとするかを決めない限り不確定となる性質のものであり，しかも測定が面倒な上に時間を要する。従つて，もし糸の状態が適当に決められて手加減などなしに見掛けの太さを測り得るならば，これに越したことはない。

著者は綿糸及びアミラン糸について，張力によつて切断する直前の太さをマイクロメーターで測り，この値がさきに本題第III報[1]に求めてある実質直経の値とよく比例し且極めてそれに近い値をとることを知つたので，ここに報告する。

### 供試材料

函館製網K.K.製普通撚綿網糸及びアミラン網糸で，その太さの種類及び構造は次の通りである。詳細は本題第I報[2]に示してある。

綿　　糸：20s/4, 6, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20/3Zの10種類

アミラン糸：　250d(15)/3, 4, 5, 8, 10, 12, 15, 18, 20/3Z及び250d(15)/4/4Zの10種類

## 測 定 方 法

糸の抗張力測定の際，荷重が漸増するに従つて糸は引締められ細くなると共に剛くなつていく。その刻々の直径を竜頭を絶えず廻しながらマイクロメーターで読んでいると，切断荷重近くでは竜頭は殆んど空廻りするだけになり，ついに読みが一定となつて糸は切断する。この時の読みを“切断時直径”と名付けるならば，これは，同じ繊維同じ構造の糸ではほゞ決まつた値となり，糸の属性の一つと考えてよい。

綿糸及びアミラン糸の夫々の太さのものについて試料15本の切断時直径の平均値を示せば第1表の $D_m$ の通りである。尚表には比較考察の便宜上本題第III報[1]に求めてある比重法による実質直径の値 $D_S$ を併示した。

Table 1.　Substantial diameters measured by the gravimetric method, and diameters at rupture measured by the use of the micrometer, of the various numbers of the netting cords.*

| Cotton cord | | | Amilan cord | | |
|---|---|---|---|---|---|
| # | $D_S$ mm | $D_m$ mm | # | $D_S$ mm | $D_m$ mm |
| 4 | 0.604 | 0.62 | 3 | 0.521 | 0.51 |
| 6 | 0.740 | 0.77 | 4 | 0.602 | 0.63 |
| 8 | 0.854 | 0.88 | 5 | 0.673 | 0.67 |
| 10 | 0.955 | 1.01 | ** 5.3 | 0.693 | 0.68 |
| 12 | 1.046 | 1.10 | 8 | 0.851 | 0.80 |
| 14 | 1.130 | 1.21 | 10 | 0.952 | 0.97 |
| 15 | 1.170 | 1.23 | 12 | 1.043 | 1.00 |
| 16 | 1.208 | 1.27 | 15 | 1.166 | 1.06 |
| 18 | 1.281 | 1.34 | 18 | 1.277 | 1.25 |
| 20 | 1.351 | 1.42 | 20 | 1.346 | 1.30 |

* 20s/$\nu$/3Z cotton cord and 250d (15)/$\nu$/3Z amilan cord ($\nu$ is the number of yarns in one strand and the cord number on a 3 strands cord).

** See the author's previous paper p. 354.

## 実質直径と切断時直径との比較

前述のようにして求めた切断時直径が，同じ繊維糸の種々の号数の広い範囲に亘つて，比重法による実質直径と一定関係をもたなければ，その測定は無意味である。今第I表によつて切断時直径を横軸に，実質直径を縦軸にとつて図示すれば第1図のようになり，ほゞ両者は比例していることが知られる。よつて切断時直径に対する実質直径の回帰関係が原点を通る直線であると仮定し，本題第1報[2] 354頁の計算順序に従つて実質直径 $D_S$ の切断時直径 $D_m$ に関する母回帰係数 $\beta$ の信頼区間を算出し，$D_S$ と $D_m$ との関係式を求めれば次のようになる。

綿　　糸：　標本回帰係数　$b=\sum D_S D_m/\sum D_m^2=0.951$　その不偏分散平方根　$U_b=0.008$

$t$ 分布表[3]によれば　$n=N-2=11-2=9$　のとき　$t_{0.05}=2.262$

$\therefore\ 0.934<\beta<0.969$　　即ち　$\beta=0.951\pm0.018$

故に　95%信頼度で　　$D_S=(0.951\pm0.018)D_m$　　(1)

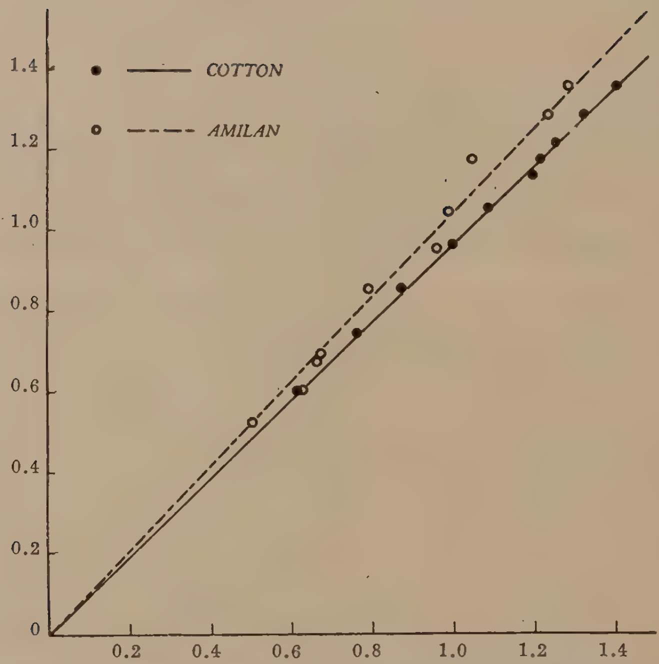



Fig. 1. Substantial diameters (ordinate) plotted against diameters at rupture (abscissa).
The lines are fitted from formulas (1) and (2).

アミラン糸： 標本回帰係数 $b=1.032$ その不偏分散平方根 $U_b=0.028$

$\therefore\ 0.968<\beta<1.096$ 即ち $\beta=1.032\pm0.064$

故に 95%信頼度で $D_S=(1.032\pm0.094)D_m$ (2)

綿糸の場合は(1)によつて明らかなように95%信頼度で $D_S$ と $D_m$ との間に有意の差があり，$D_S$ より $D_m$ の方が僅かながら大きい。これは切断時直径が綿繊維内外の空隙を含めて測つているためで，これが引張りによる実質断面積の減少からくる径の縮少を補つて余りあることを意味している。

アミラン糸の場合は(2)によつて明らかなように95%信頼度で $D_S$ と $D_m$ との間に有意差がない。これは，切断時直径が一方では繊維間の空隙を含めて測るために実質直径より大きな値をとろうとするものであるが，他方では引張りにより繊維が細まるために実質直径より小さな値をとろうとするものであり，結局この相反する性質が互に打消し合うためであろうと考えられる。勿論回帰直線の周りに点のばらつきが大きく従つて回帰係数の信頼区間が大きいことも原因する。

近似的には綿糸の場合は切断時直径の95%をとれば実質直径を与えるし，アミラン糸の場合は切断時直径をもつて実質直径と見做してよい。

## 摘 要

軟かい網糸の比重法による実質直径の値とその切断時直径（張力によつて糸が切断する直前の直径）をマイクロメーターで測つた値とはよく比例する。この比例関係式を予め知つておれば，切断時直径を測ること

により実質直径の値を算出することが出来る。

この実験に用いた綿糸及びアミラン糸に対する実質直径と切断時直径の比例関係は本文(1)及び(2)式で示される。近似的には，綿糸では切断時直径の値の95%，アミラン糸では切断時直径の値そのまゝが実質直径を与える。

## 引用文献

1) 三浦鉄雄 (1955). 北大水産彙報 5 (4), 377-388.
2) ——— (1954). 同 誌 4 (4), 351-360.
3) 統計科学研究会編 (1952). 新編統計数値表. 東京; 河出書房.

# 漁網材料の研究

## V. マニラ麻糸の太さに関する二三の表示間の関係

三浦鉄雄
（北海道大学水産学部漁具物理学教室）

# Mechanical Studies of Fishing Net Materials

## V. Relations between some disignations on the fineness of Manila twines

Tetsuo MIURA

**Abstract**

The relations were studied between the diameter of Manila twines measured by the use of the vernier calipers and some other conventional designations on their fineness.

The results obtained may be summarized as follows:

The diameter and the *mommekke* or the reciprocal of the fathoms per one coil have the linear relations as given by the equations indicated in Table 3.

The 4 yarns twine and the 2 yarns 3 strands twine do not differ significantly between the above equations, but the 3 yarns twine and the 4 yarns twine or the 2 yarns 3 strands twine do differ significantly.

The following formulas may be adopted as those for finding the approximate value in mm of the diameter of the twine of known *mommekke*,

for the 3 yarns twine $D = 0.9M + 1.1,$

for the 4 yarns, 2 yarns 3 strands and other twines (except 3 yarns twine) $D = 0.3M + 3.5,$

where $D$ is diameter and $M$ *mommekke*.

---

### 緒言

さきに本多[1]はマニラトワインの直径と匁付との間の関係を示すものとして一実験式を発表している。しかるに著者が三子トワイン，四子岩糸及び二三子岩糸の3種別に同様の実験式を求めたところ，同氏の式はほゞ三子トワインの場合を示すが，四子や二三子の場合を示さないことが判つた。

四子や二三子トワインは，上記のように普通岩糸と呼んでいるが，これは4匁以上のトワインの慣習上の呼び方であつて，糸の構造及び製造過程からいつて明らかにトワインである*。従つてマニラトワインの直径を算出する実験式として同氏の1式だけでは不充分である。

本研究では，以上のことを明らかにすると共に匁付の知られた種々の構造のトワインの直径を概算するために充分な2式を報告する。尚1玉の長さを知つて直径を求める算式なども併せて報告する。

### 試料と測定値

試料の種類：三子トワイン，四子岩糸及び二三子岩糸の3種とも夫々太さについて7種類を用いた。

*一般に，構成 yarn を太くすることによつて太物を作つてゆくのが twine で，構成 yarn の本数を増すことによつて太物を作つてゆくのが cord や rope である。但し，rope の場合は，その太さの若干範囲毎に yarn の太さも多少は大きくなつてゆく。

原材料と給油量: 糸の直径は，纖維の品質等級や給油量によつて多少相違する。この実験では上記３種糸の構造以外の条件を同一にするため，原材料にはすべてダバオＧを用い，又給油量は原麻 100lbに５l（スピンドル油１：マシン油１）の割合とした。

撚数: 糸の直径は撚の堅甘にも関係するが，試料の撚数は次の規格（第１表）によるものである。

Table 1. Twist in different sizes of Manila twines.

| 3 yarns twine | | | 4 yarns twine | | | 2 yarns 3 strands twine | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Mommekke** (Allowance ±8%) | After turns per *shaku*** (±6%) | Fore turns per *shaku* (±6%) | *Mommekke* (±8%) | After turns per *shaku* (±6%) | Fore turns per *shaku* (±6%) | *Mommekke* (±8%) | After turns per *shaku* (±6%) | Fore turns per *shaku* (±6%) |
| 1.0 | 39 | 39 | 4 | 17 | 20 | 10 | 11 | 22 |
| 1.3 | 34 | 34 | 6 | 15 | 18 | 12 | 10 | 20 |
| 1.6 | 30 | 30 | 8 | 13 | 15 | 15 | 9 | 18 |
| 2.0 | 28 | 28 | 10 | 12 | 14 | 18 | 8.2 | 16.4 |
| 2.3 | 26 | 26 | 12 | 11 | 13 | 20 | 7.7 | 15.4 |
| 3.0 | 23 | 23 | 15 | 10 | 12 | 25 | 6.9 | 13.8 |
| 3.3 | 20 | 20 | 18 | 9 | 10 | 30 | 6.3 | 12.6 |

*This is a conventional, relative measure of the fineness of Manila twines used in Japan and indicates the number of *momme* per fathom (1 *momme* = 3.75 grams, 1 fathom (used in Japan) = 1.52 meters).
**1 *shaku* = 0.303 meters.

測定値: 各試料共５箇所の直径をノギスで測り，その平均をとつた。但し読みは1/10ｍｍにとどめた。結果は第２表の通りである。尙表には１丸の尋数も示しておいたが，これは後記の換算式(2)によつたものである。１丸の重量は特に指定のない限り，トワイン—４匁以下—は６lbに決められており，岩糸—４匁以上—はメーカーによつて10lbや20lb玉に造られる。4—10匁位までは10lb玉に，それ以上を20lb玉にするメーカーもあるが，こゝでは四子を全部10lb玉に，二三子を20lb玉として１丸の尋数を算出したものである。

Table 2. Diameters of various kinds of Manila twines and their fathoms per one coil.*

| 3 yarns twine | | | 4 yarns twine | | | 2 yarns 3 strands twine | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Mommekke* $M$ | Diam. in mm $D$ | Fms. per coil (6lb) $H_6$ | *Mommekke* $M$ | Diam. in mm $D$ | Fms. per coil (10lb) $H_{10}$ | *Mommekke* $M$ | Diam. in mm $D$ | Fms. per coil (20lb) $H_{20}$ |
| 1.0 | 2.0 | 726 | 4 | 4.6 | 302 | 10 | 6.5 | 242 |
| 1.3 | 2.3 | 558 | 6 | 5.5 | 202 | 12 | 7.2 | 202 |
| 1.6 | 2.6 | 454 | 8 | 6.1 | 151 | 15 | 7.8 | 161 |
| 2.0 | 2.9 | 363 | 10 | 6.7 | 120 | 18 | 8.8 | 134 |
| 2.3 | 3.2 | 316 | 12 | 7.6 | 101 | 20 | 9.6 | 121 |
| 3.0 | 3.8 | 242 | 15 | 8.4 | 81 | 25 | 10.8 | 97 |
| 3.3 | 4.1 | 220 | 18 | 9.4 | 67 | 30 | 12.4 | 81 |

*See the note to Table 1.

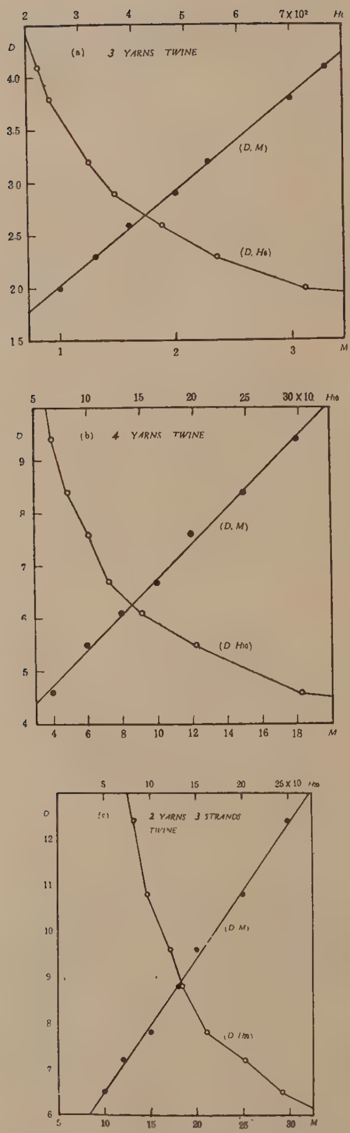



Fig. 1. (a—c). Diameters (ordinate) plotted against *mommekke* or fathoms per one coil (abscissa).

The straight lines are fitted from the formula given in Table 3.

## 直径と他の目付間の関係

第2表によつて各糸の匁付に対する直径を図示すれば第1(a—c)図のようになり，直径と匁付との間には直線関係があるとしてよい。よつて

$$D=\beta_1 M+\beta_0 \quad \cdots\cdots (1)$$

とおくならば，この $\beta_1$, $\beta_0$ は本題第III報[2] 383頁の計算順序に従つて推定することが出来る。また匁付を$M$，1丸 6 lb, 10lb及び20lbの尋数を夫々$H_6$，$H_{10}$ 及び $H_{20}$ で表すならば，単位の換算により

$$H_6=725.8\frac{1}{M},\quad H_{10}=1209.6\frac{1}{M},\quad H_{20}=2419.2\frac{1}{M} \quad\cdots\cdots (2)$$

となるから，これを(1)式に入れゝば$D$と$H$との関係が得られる。$D$と$1/H$との間は直線関係であるから($D, H$)関係は双曲線で表される。

$\beta_1$，$\beta_0$ の信頼区間を95%信頼度で推定し，$D$と$M$又は$1/H$との関係式として示せば第3表の如くなる。

第3表から各回帰係数の95%信頼度における区間を比較すれば，三子と四子又は二三子との間では0次，1次両回帰係数とも信頼区間の重なる部分がない(むしろかけ離れている)から明らかに有意差があるが，四子と二三子との間では両回帰係数とも信頼区間が一部分重なり従つて有意差は認められない。即ち$D$の$M$に対する回帰直線の方程式は，三子と四子又は二三子との間では相違が認められるが，四子と二三子との間では相違が認められない。

本多[1]の実験式は $D=0.92M+1.38$ で示され，この係数は上述のどの方程式の係数の信頼区間にも入らない。しかし三子の場合の方程式の係数に極めて近似し恐らくは三子トワインを試料にして得た実験式であろう(試料が異なる以上この位の係数の違いはむしろ当然であろう)。従つて四子や二三子の場合を示さないのは当然である。

岩糸には三三子にしたものもあるが，この糸の場合も，上記3種の糸の方程式の差の傾向から推して，四子や二三子糸の方程式と有意差がないように考えられる。

以上の考察により，匁付の知られたマニラトワインの直径を概算する公式としては

三子トワインに対しては $D=0.9M+1.1$ ……(3)

四子岩糸，三三子岩糸その他4匁以上のトワインに対しては $D=0.3M+3.5$ ……(4)

の二式があれば充分間に合うであろう。

Table 3. The relations between diameter and *mommekke** or fathoms per one coil,** expressed with 95 percent confidence errors.

| Twines | Diam. in mm ($M$: *mommekke*, $H_6$, $H_{10}$, $H_{20}$: fms. per 6, 10, 20 lb coil) |
|---|---|
| 3 yarns | $D=(0.90\pm0.01)M+(1.13\pm0.03)=(653\pm7)\frac{1}{H_6}+(1.13\pm0.03)$ |
| 4 yarns | $D=(0.337\pm0.030)M+(3.40\pm0.14)=(408\pm36)\frac{1}{H_{10}}+(3.40\pm0.14)$ |
| 2 yarns 3 strands | $D=(0.292\pm0.027)M+(3.58\pm0.17)=(706\pm65)\frac{1}{H_{20}}+(3.58\pm0.17)$ |

* **See the note to Table 1.

## 摘　　　要

マニラトワインの直径と匁付（又は1丸の尋数の逆数）との間には直線関係がある。三子トワイン，四子岩糸及び二三子岩糸の3種別に求めた関係式は第3表の通りである。四子と二三子との間では方程式に有意差がないが，三子と四子又は二三子との間では有意差がある。

匁付と1丸 6 lb，10lb及び20lbの尋数との間の換算式は本文(2)式で表される。

匁付の知られたマニラトワインの直径を概算する公式としては，三子トワインに対しては本文(3)式，四子岩糸，二三子岩糸その他4匁以上のトワインに対しては本文(4)式の二つの式があればよい。

## 引　用　文　献

1) 本多勝司 (1948). 漁業資材(一)網具用資材，水産講座漁業篇 1，17-95. 東京；大日本水産会 (p.46引用).

2) 三浦鉄雄 (1955). 北大水産彙報 5 (4)，377-388.

# 青函航路に於ける連絡船の波浪による横搖れの研究

川　島　利　兵　衛
（北海道大学水産学部運用学教室）

# A Study on the Wave-Induced Rolling Motion of the Ship in a Seaway (SEIKAN KORO)

Rihei KAWASHIMA


## Abstract

From the point of view of forecasting a ship's motion on the sea, as connected with the manoeuvering of the ship, the author studied about the ferry boat TOYAMARU, Type S especially on the rolling motion of the ship.

The studies and conclusions come under the following headings:

(1) The determination of motion of seaway itself.

According to the theory of forecasting wave and swell by H. U. Sverdrup and W. H. Munk, the wave height and period on the standard course (Figs. 1~2) for 8 principal directions and various wind velocities (10 m/sec., 20 m/sec. and 30 m/sec.) were calculated for the Seikan Koro and shown in Figs. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10.

(2) The equation of rolling motion of ship.

Using Table 2 and the result of experiment for rolling motion of ferry boat, the works made calculations of the damping coefficient, restoring force and exciting force by waves for underway condition of ship, and the equation of motion was determined [eq. (1)].

(3) The study of rolling motion in a seaway (Seikan Koro)

1. Solving the equation of the rolling motion and assuming that the seaway was consisted of a regular train of waves, then

$$\varphi_{max} = \frac{\phi'}{\sqrt{(1-\Lambda_e^2)^2+(2\kappa\Lambda_e)^2}}$$

Where:

$\varphi_{max}$ : Maximum angle of roll

$\phi'$ : Effective wave slope

$\Lambda_e$ : Effective turing factor

$\kappa$ : Dimensionless damping coefficient

From the above equation, the relation between maximum roll angle and turning factor for various wave slopes was shown in Fig. 13.

2. Effective wave slope $\phi' = \phi . \gamma . \sin \chi$

$\phi$ : Wave slope

$\gamma$ : Effective wave slope coefficient

$\chi$ : Angle of wave and ship encounter

3. Turning factor on seaway (Seikan Koro)

Effective turning facters ($T_s/T_e$) were shown in Figs. 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, and 21.

According to the above theoy, finding the position of ship and condition of wind, the maximum angle of roll at any point on standard course can be forecasted.

In addition, the author studied on the properties of seaway (Seikan Koro) and the relationship of ship and seaway.

## I 緒 言

造船学に於て，海上に於ける船の運動の研究は，船の凌波性及び耐波性の問題として行われている。G. Weinblum 及び M. St. Denis[1]は今日の造船学上の重要な問題は，速度範囲の拡大であり，然も速度の上限界は，装備される機関の馬力の限界によるのではなくて，海上に於て船の受ける加速度の如何によると述べ，更に海上に於ける船の運動の研究の困難さの原因の一つは，抵抗，推進の問題の様に，簡単な係数による比較の出来ない点にあることを指摘し，(1)航路自体の運動，(2)静水中の船の運動，及び (3)航路に於ける船の運動について研究している。

航海者の立場は，ある与えられた船—即ち，航海性能が定る—を任意の航路に於て外力に抗して安全且つ効率良く航行せしめるにある。従つて，海上に於ける船の運動については，航路に於ける船の運動の予報の問題として研究する必要がある。

従来，航海者が，航路に関する風及び波浪に充分の注意を払つたことは勿論であるが，之等と船体の相互作用については極めて経験的に処理されて来た。然し乍ら，海上に於ける船の運動の予報の為には，船体と海上状態との力学的関係の定量化が必要となる。

例えば，船体の激しい横揺れが起ると，経験的に波浪と船首の出会の角度を変えることによつて，之を避ける法がとられているが，之は横揺れの運動方程式の解について，特に波浪による強制外力を考えて吟味すると，以上の操作即ち出会角度の変化は出会周期を変え之が波との同調を避け，且つ，強制外力の振巾項を小ならしめることが分る。即ち，最近の波浪の予報理論と，船体と波の動力学的研究と相俟つて海上に於ける船の運動の予報が可能であり，且つ，復原性の観点からの考察を加えれば危険予報も出来得ると考えられる。

著者はこの観点から青函航路の連絡船の横揺れについて研究した。

## II 青函航路に於ける波浪[2)3)4)5)6)]

H. U. Sverdrup 及び W. H. Munkの波浪及びうねりの予報理論[2)]に従うと，海上のある点に於ける波浪はその発生域に於ける風向，風速，吹送時間及び吹送距離が決定されると可成りの精度の予報が出来る[2)]。




Fig. 1. Chart of TSUGARU KAIKYO

従つて，算定の基準として，国鉄青函局の指令に基いて基準航路を定め，この航路上の点に対して8主方位についての吹送距離を求め，この距離に対して定常に達した場合として波浪を求めた。

(1) 基準航路[7]

葛登支灯台，N 88° E 2.5浬冲の点から，平館灯台，N 88° E 2.0浬冲の点の間とすると，真針路358°又は178°となる。

(2) 吹送距離

基準航路に対して，N，NE，E，SE，S，SW，W，及びNWの各方位について航路上の各点に対して連続的に吹送距離を求めた。又 Fig. 1 に示される様に，複雑な海岸線を1浬以内の範囲で直線化して計算を簡単にした。基準航路を横座標として Fig. 2 に示す。

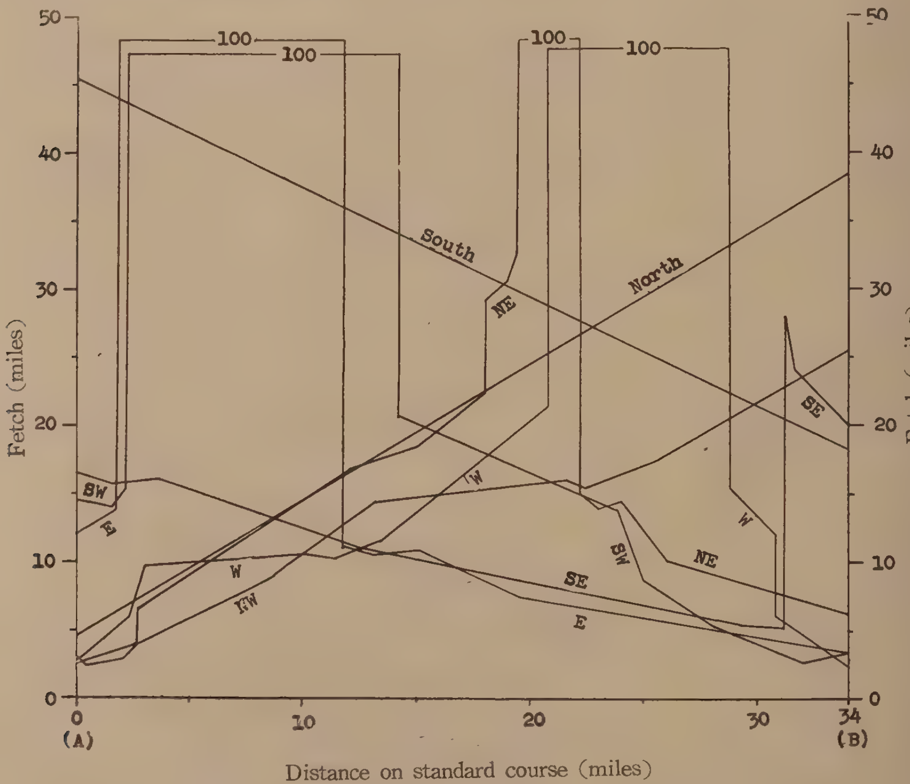



Fig. 2. Fetch on the standard course in Fig. 1, for 8 principle directions

(3) 風浪の決定

8主方位に対する吹送巨離について，風速か夫々 10m/sec.，20m/sec. 及び 30m/sec. に対して，生成される波浪の定常状態に達した場合の波の周期及び波高を求めた。但し，吹送距離 100 浬以上に対しては，距離100浬として算定した。

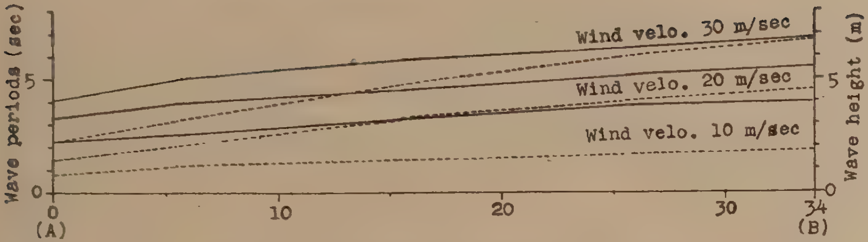



Fig. 3. Wave height and period for North

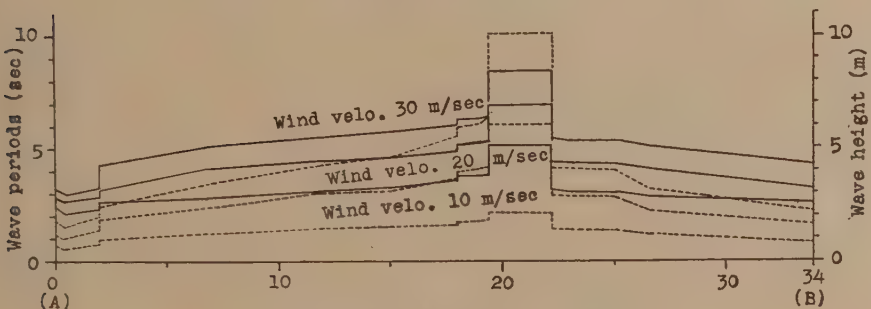



Fig. 4. Wave height and period for NE

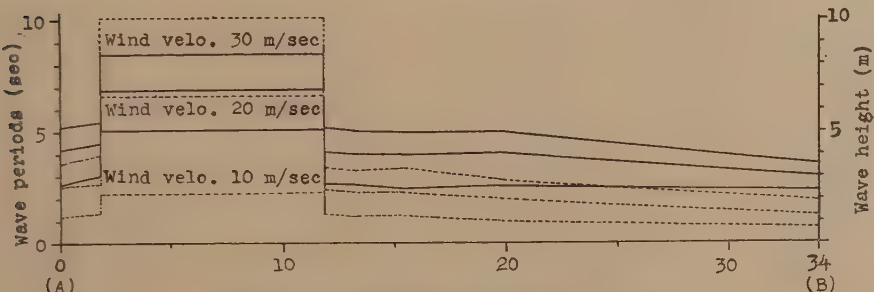



Fig. 5. Wave height and period for East

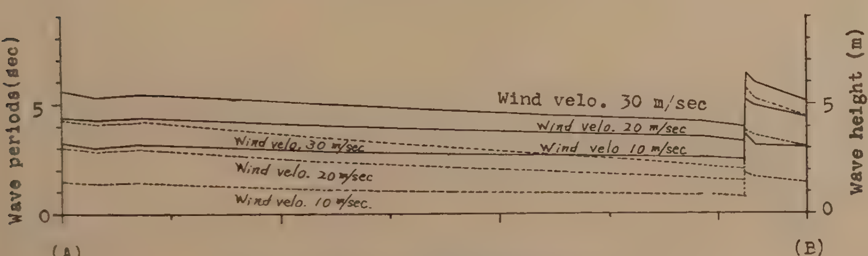



Fig. 6. Wave height and period for SE

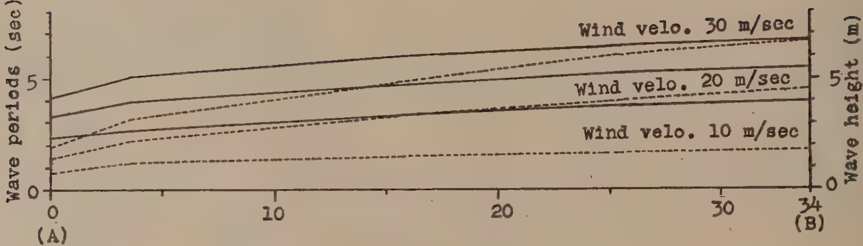



Fig. 7. Wave height and period for South

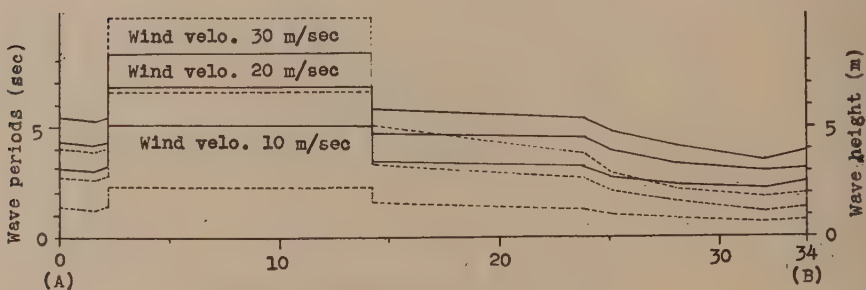



Fig. 8. Wave height and period for SW

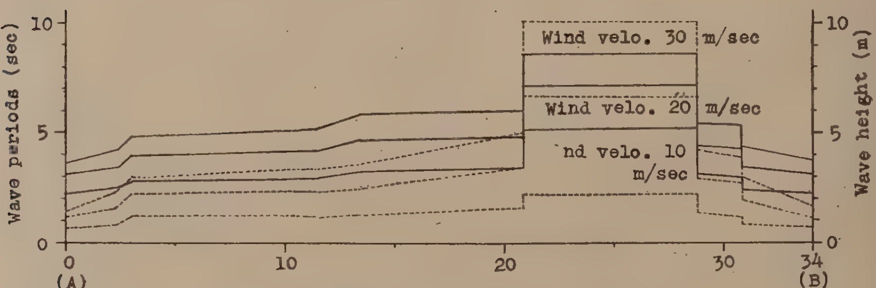



Fig. 9. Wave height and period for West

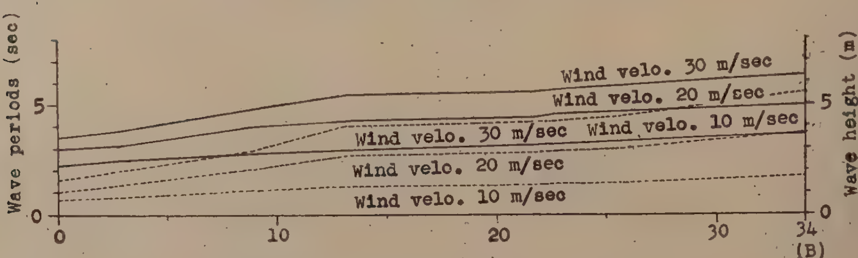



Fig. 10. Wave height and period for NW

In Figs. 3～10, —— Wave height, ······ Wave period

### III　連絡船（S型）の波浪中に於ける横搖の運動方程式

連絡船の横揺れを近似的に線型であるとすると，横揺れの運動方程式は次式で与えられる。[8)9)10)]

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}+2\kappa\nu_0\frac{d\varphi}{dt}+\nu_0^2\varphi=\nu_0^2\phi.\gamma.\sin\chi\cdot\sin\nu_e t$$

但し，　$\varphi$：横揺れ角，　$\kappa$：無次元横揺減衰係数，　$\nu_0$：自由横揺の角振動数，　$\phi$：波の傾斜，
　　$\gamma$：有効波傾斜係数，　$\nu_e$：船と波の出会の角振動数（$2\pi/T_e$, $T_e$：出会周期）
　　$\chi$：船と波の出会角度

（i）減衰係数

S型連絡船の実験の結果によると，

$$\frac{d\Theta}{dt}=0.188\Theta+0.0087\Theta^2$$　　但し，$\Theta$：横揺れ角度

之より各横揺れ角に対する減衰係数を求めると[11)] Table 1 となる。

Table 1.　Dimensionless damping coefficient ($\kappa$) for $\varphi_{max}$

| $\varphi_{max}$ | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° | 45° | 50° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a_e$ | 0.232 | 0.275 | 0.318 | 0.362 | 0.406 | 0.450 | 0.493 | 0.536 | 0.580 | 0.623 |
| $\kappa$ | 0.074 | 0.087 | 0.100 | 0.114 | 0.128 | 0.141 | 0.155 | 0.168 | 0.181 | 0.195 |

（ii）横揺試験の結果により，航海状態について横揺の周期（$T_s$）に基づき，$\nu_0^2$ を次式により算定する。

$$T_s=12.5\ \text{sec.}\qquad \nu_0=\frac{2\pi}{T_s}$$

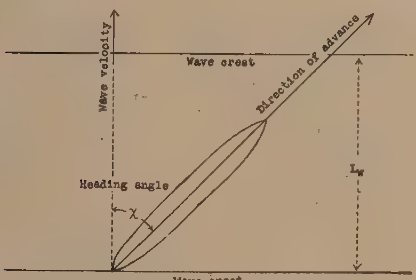



Fig. 11.　Position of ship in waves

（iii）波浪による強制外力（$M_\varphi$）

$$M_\varphi=\nu_0^2\,\varphi\,\gamma\sin\chi\cdot\sin\nu_e t$$

一般に船が波浪を斜に受ける場合は，Fig.11に示す様に，船の進行方向と，波頂の進行方向とが $\chi$ であるとすると，見掛けの振動数（出会角振動数$\nu_e$）は，

$$\nu_e=\left(1-\frac{V}{c}\cos\chi\right)\nu_w$$

但し，$\nu_w$：波の振動数（$=2\pi/T_w$ $T_w$：波の周期），V：船の速度，（=7.5m/sec.），c：波の速度（$=1.57\cdot T_w$ m/sec.）

$\gamma$については[8)]，　　$\gamma=1-\frac{\phi}{b}\cdot\frac{b}{m}$

$$\phi/b=P\cdot\beta+Q\beta^2+R\cdot\beta^3,\quad P=\frac{1}{3}(f_1-\alpha^2K_2),\quad Q=\frac{1}{b}\left(\frac{f_2}{5\alpha}-\frac{3}{2}f_1K_1\alpha+\frac{3}{4}\alpha^3K_3\right),$$

$$R=\frac{1}{b}\left(\frac{2}{3}\alpha^2K_2f_1-\frac{f_2}{5}-\frac{1}{5}\alpha^4K_4\right),\ \alpha=\frac{C_b}{C_w}\cdot\frac{h}{b},\qquad \beta=\frac{4\pi^2b}{gT_w^2},\qquad f_1=\frac{A_2}{A_1},\qquad f_2=\frac{A_3}{A_1},\ A_1=C_w$$

$$A_2=1-\frac{3}{n+1}+\frac{3}{2n+1}-\frac{1}{3n+1},\quad A_3=1-\frac{5}{n+1}+\frac{10}{2n+1}-\frac{10}{3n+1}+\frac{5}{4n+1}-\frac{1}{5n+1},\qquad n=\frac{C_w}{1-C_w}$$

$$K_1=1-2\lambda,\qquad K_2=1-3\lambda+3\lambda^2,\qquad K_3=1-4\lambda+6\lambda^2-4\lambda^3,\qquad K_4=1-5\lambda+10\lambda^2-10\lambda^3+5\lambda^4,$$

$$\lambda=\frac{C_w}{C_b}\cdot\frac{OG}{h}$$

但し，b：船の半巾，$C_b$：方形肥瘠係数，$C_w$：水線面積係数，h：吃水，m：GM，OG：吃水線から重心迄の距離（水線下方向を正とする），g：重力加速度

Table 2. Condition of ship (TOYAMARU)

$L_{pp}$ = 113.2 m, B = 15.85 m, D = 6.80 m,

| | | Light condition | U/W condition | Full condition |
|---|---|---|---|---|
| Disp. | | 3,964.00 tons | 5,258.70 tons | 5,364.10 tons |
| Draft | Fore | 3.57 m | 4.73 m | 4.81 m |
| | Aft | 4.36 m | 5.01 m | 5.06 m |
| | Mean | 3.97 m | 4.87 m | 4.94 m |
| GM | | 0.91 m | 0.91 m | 0.98 m |
| KG | | 6.62 m | 6.44 m | 6.36 m |
| $C_p$ | | 0.603 | 0.640 | 0.643 |
| $C_b$ | | 0.542 | 0.584 | 0.587 |
| $C_w$ | | 0.735 | 0.799 | 0.804 |

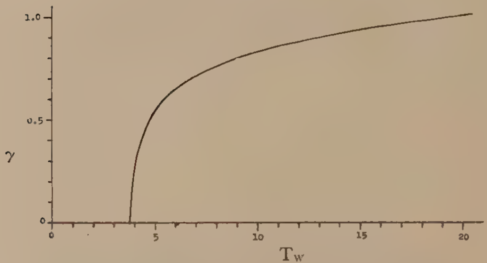



Fig. 12. Effective wave slope coefficient

Table 2 の航海状態について，γを計算すると，

$$\gamma = 1 - 0.676\beta + 0.462\beta^2 - 0.157\beta^3$$

$$\beta = \frac{32}{T_2}$$

之を図示すると，Fig. 12 となる。

## IV 航路に於ける波浪による横揺れ

IIに於て計算した波浪は，有意義波であるが，今，航路の波浪を，この算定した波と同一の波高波周期の規則波であるとして，横揺れの運動方程式を解き，波浪による強制横揺れのみを考えると，横揺の最大振巾は次式[9]で与えられる。

$$\varphi_{max} = \frac{\phi'}{\sqrt{(1-\Lambda_e^2)^2 + 4\kappa^2\Lambda_e^2}} \quad (1)$$

但し，$\varphi_{max}$：横揺の最大角，$\Lambda_e$：出会周期と船の横揺固有周期の比 $(T_s/T_e = \nu_o/\nu_e)$

$\phi'$：有効波傾斜$(=\phi\gamma\sin\chi)$

$\varphi' = 2°, 6°, 10°, 14°$に対して，$\varphi_{max}$と$\Lambda_e$との関係を Fig. 13に図示する。

基準航路に於ける$\Lambda_e$については，連絡船は基準航路を往復するから，IIに於て計算した 8 主方位に対して，出会の周期は各々二つの値をとる。近似的に基準航路を真方位 0°とすると，Figs. 14～21 となる。

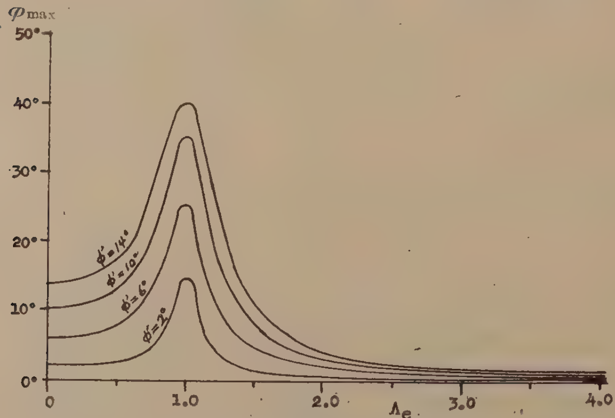



Fig. 13. The relation between maximum roll angle and effective turing factor

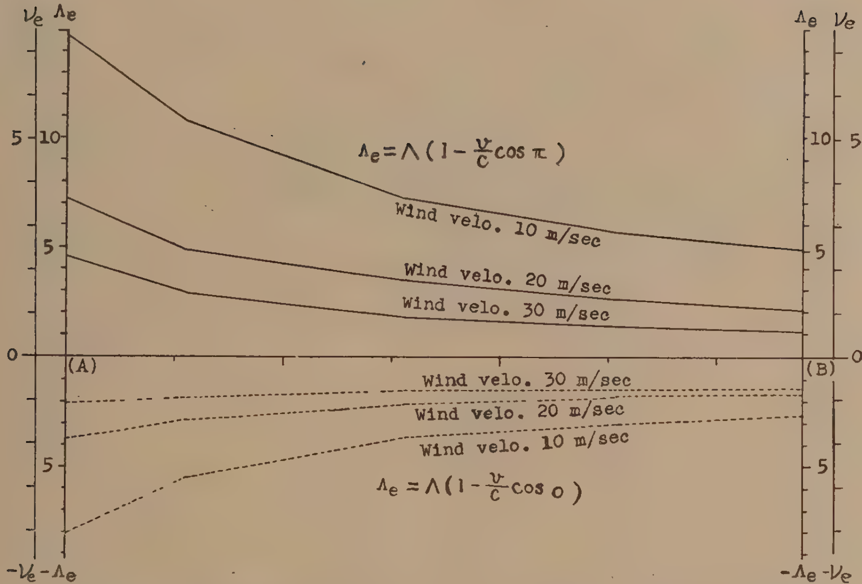



Fig. 14. Effective turning factor on the standard course for North

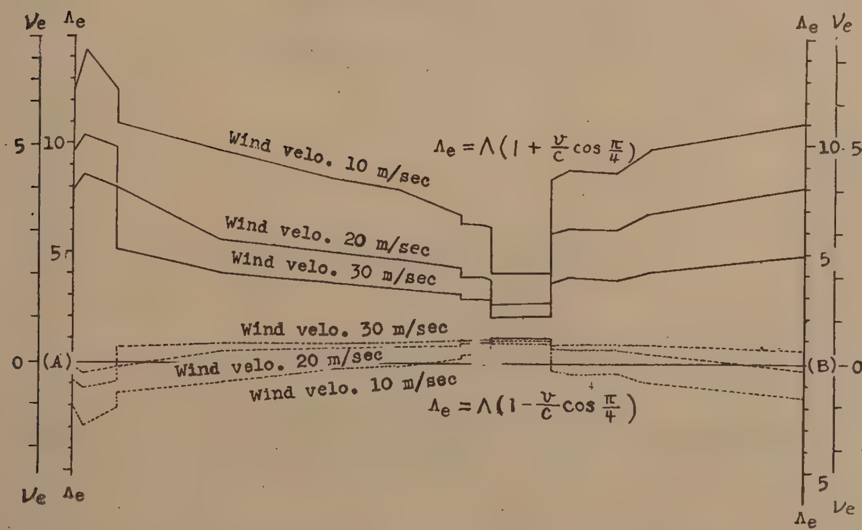



Fig. 15. Effective turning factor on the standard course for NE

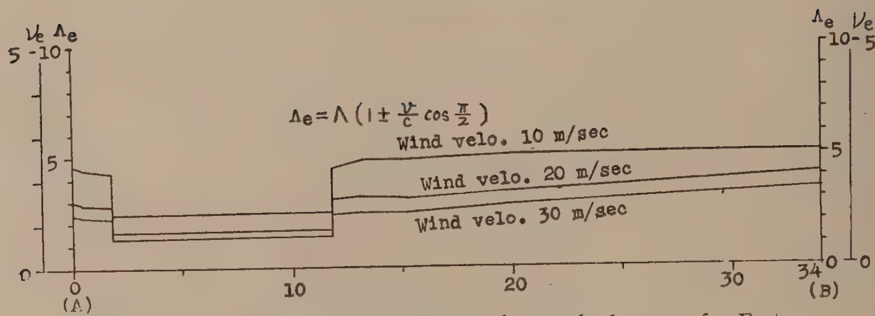



Fig. 16. Effective turning factor on the standard course for East

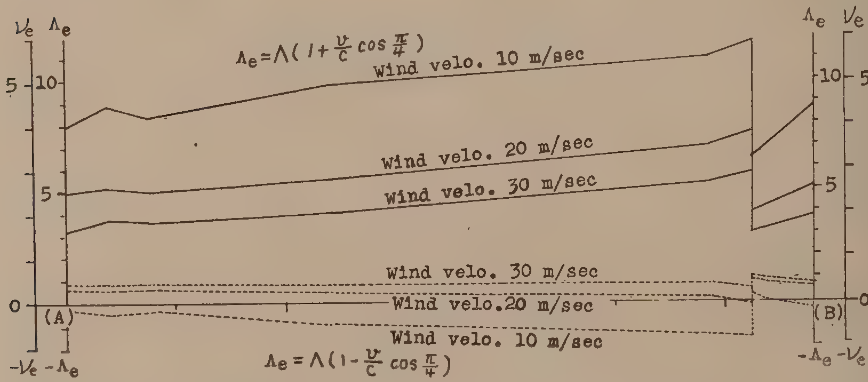



Fig. 17. Effective turning factor on the standard course for SE

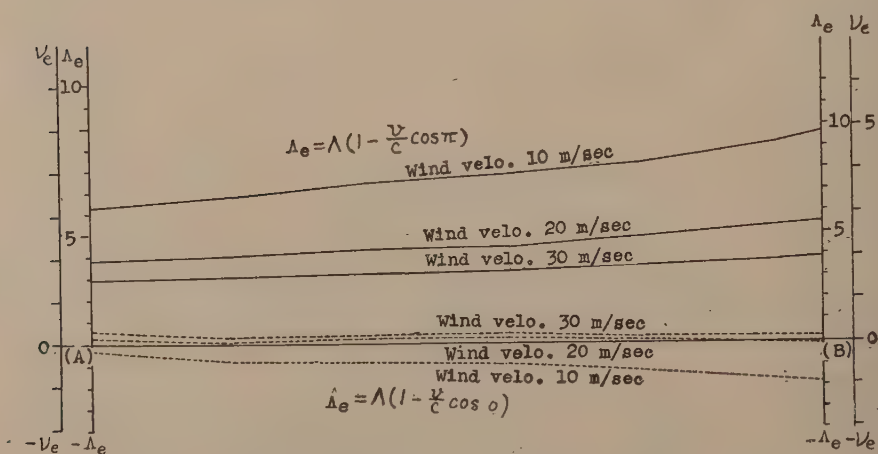



Fig. 18. Effective turning factor on the standard course for South

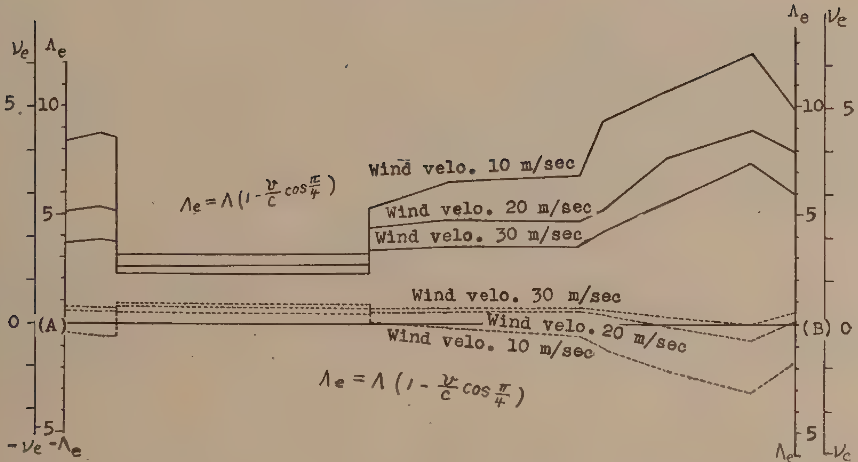



Fig. 19. Effective turning factor on the standard course for SW

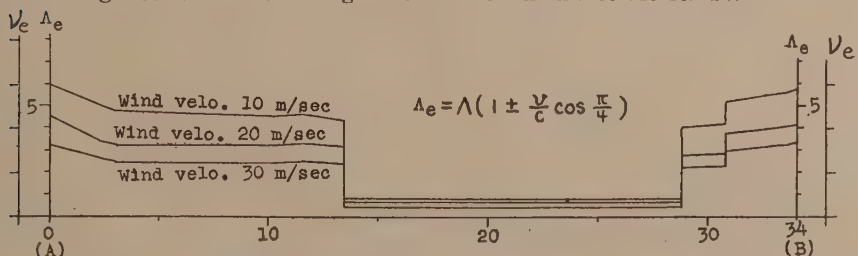



Fig. 20. Effective turning factor on the standard course for West

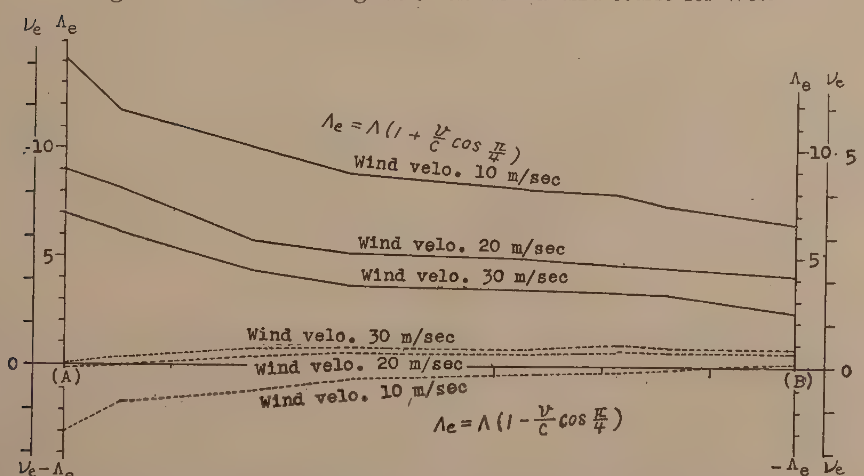



Fig. 21. Effective turning factor on the standard course for NW

## V 考　　察

(1) 航路上の任意の点に於ける横揺れの予報

Fig. 1 の基準航路上の点が定まると，Fig. 2 より各方位に対する吹送距離が分る。その時の風速，風向が分ると，Figs.3～10より，波高，波周期が分り，$L_w=1.57\cdot T_w^2$(波長)から，波傾斜$(\phi=\pi\cdot\frac{H_w}{L_w})$，Fig.12より有効波傾斜係数 $\gamma$ を求め，船の進行方向が定まれば，Figs.14～21より $\Lambda_e$ 及び $\chi$ が分る。

従つて，有効波傾斜角 $\phi'$及び，出会周期，横揺固有周期比が分るから，Fig.13から，その点に於ける最大横揺れ角を予報することが出来る。

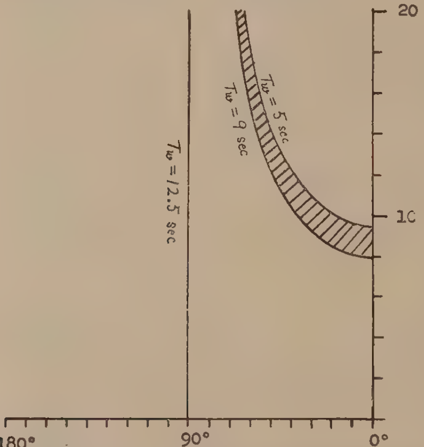



Fig. 22. The relation between speed and direction sea encounter when heavy rolling motion occurs for wave period 5 sec. to 9 sec.

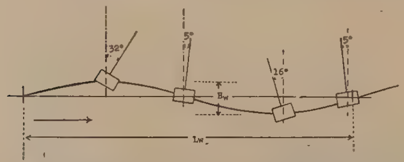



Fig. 23. Relative position of ship to wave when maximum angle of roll occurs for $T_W=10$ sec. and $H_W/L_W=1/20$

(2) 航路上に於ける横揺れ

Fig. 13 に示す様に $\Lambda_e=1$ のとき，横揺れ角は最大値をとり，且つ，$\Lambda_e\fallingdotseq 1$ の附近では，横揺れ角は大きな値をとる。従つて，Figs. 14～21に於て $\Lambda_e$ のこの値の附近の航路上の点では特に注意が必要となる。又之より分る様に，吹送距離の大きな地点，方向には特に注意を要する。

(3) 有効傾斜係数 $\gamma$ は Fig. 12 に示す通り　$T_w=3.8$ sec. に於て $\gamma=0$，従つて，之より短い波に於ては横揺れは起きないことが分る。

(4) 最大横揺れの起る場合の船と波の相対位置をFig. 23に示す。

之は，$\varphi=\varphi_{max}\sin(\frac{2\pi}{T_e}\cdot t-\varepsilon)$，$\varepsilon=\tan^{-1}\frac{2\kappa\Lambda_e}{1-\Lambda_e^2}$より求め，傾斜方向は横揺の角速度の符号より定める。

(5) 激しい横揺れを避ける法

i. 出会角度を変える法，$\phi'=\phi\cdot\gamma\cdot\sin\chi$に於て，$\chi$ を変えると，有効傾斜角は小となる，従つてFig.13に示す様に，横揺れ角は小となる。

ii. 速度を変える法，$T_e=T_s$のとき最大の横揺れが起る。[9]従つて，

$$T_s=\frac{L_w}{c-V\cos\alpha}$$

但し，$\alpha$：船と波の進行方向のなす角(船尾より測る)より$T_w=5$～9sec.について求めると Fig. 22 となる。この間に於て激しい横揺れの起る範囲を避ける速度又は出会角度をとればよい。

## VI 結　　言

本論文に於て，(i)波浪の算定に当つては，吹送距離の不連続点について特別に考慮していない。(ii)横揺れ以外の動揺との相互作用を考えていない。(iii)危険予報に言及していない。

今後の問題として，極めて一般的な理論と，仮定を用いているので，実際の予報の適用に当つては，航路上に於ける波浪と気象状態との対応，特に生成過程に於ける波浪に対する考察，横揺れが一般に非線型であることに対する考察及び，連絡船上に於ける実測の結果の解析を必要とする。

例えば実測値として昭和24年12月1日より25年1月31日，青森県大間崎沖を通過する際の横揺角を海上状

態に対して Fig. 24〕に示す如きものがある。[13]

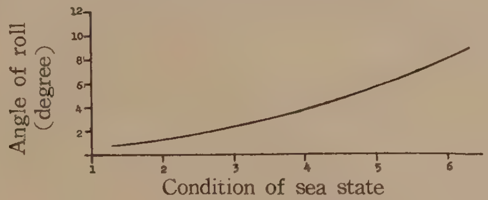



Fig. 24. The maximum angle of roll as observed on the ship

最後に，この研究についての資料を下さつた東京大学工学部船舶工学科元良助教授並びに国鉄青函局津野実氏に深謝する。

## 文　　献

1) Weinblum, G. & Denis, M. St. (1950). On the motions of the ships at sea. *Trans. Soc. N.A. & M. E.* (58), 184-248.

2) Sverdrup, H. U. & Munk, W. H. (1947). *Wind, sea and swell; theory of relation for forecasting.* 37p. H. O. pub. 601.

3) 海上保安庁 (1950). 風波及びうねりの予報 (その1). 水路要報 (19), 126-135.

4) ———— (1950). 同　上 (その2). 同　誌 (20), 200-209.

5) ———— (1950). 同　上 (その3). 同　誌 (21), 234-239.

6) 造船協会 (1954). 風波の生成と減衰，及びその予報の理論. 造船協会誌 (309), 9-21.

7) 海上保安庁 (1949). 津軽海峡水深図. 海図 (6075).

8) 造船協会 (1953). 船舶工学便覧 第2分冊. 364p. 東京; コロナ社.

9) 米国造船協会 (1943). 基本造船学 下巻. 536p. 東京; 天然社.

10) 松平　精 (1953). 基礎振動学. 292p. 東京; 共立出版.

11) Williams, A. J. (1952). An investigation into the motions of ships at sea. *Trans. Inst. Nav. Arch.* (95), 70-91.

12) 梶浦欣二郎・三好寿・高野健三 (1955). 八丈島の波浪. 海洋資源開発調査研究報告 (1), 1-5.

13) 加藤　弘 (1955). 縦列矩形板型彎曲部竜骨の横動揺防止効果に就いて. 造船協会論文集 (87), 87-96.

# 水産動物筋肉中の有機燐酸化合物に関する研究

## 第1報 鯉筋肉中の Adenosinepolyphosphate の定量に就て*

斎藤恒行・新井健一
（北海道大学水産学部水産化学教室）

# Studies on the Organic Phosphates in Muscle of the Aquatic Animals

## I. On the determination of adencsinepolyphosphates in muscle of carp

Tsuneyuki SAITO and Ken-ichi ARAI

**Abstract**

(1) The method of Cohn & Carter (1950) for separating adenosinepolyphosphates by ion exchange resin was used quantitatively in the study of ADP and ATP in prepared ATP sample or in muscle of carp.

(2) From the present experiments it was recognized to be a reliable method of quantitative determination.

(3) The determination was continued for a year and it was observed that the amounts of ADP and ATP in muscle of carp varied considerably with the time of the year. Especially a marked tendency of increase in the amounts of ADP was observed in winter.

---

筋収縮活動に特に重大な関係を有している Creatinephosphate (CP), Adenosinediphosphate (ADP), Adenosinetriphosphate (ATP) の動物の死後に於ける筋肉中の消長は，硬直・自己分解・腐敗等一連の過程に新しい知見を与える可能性がある。

水産動物筋肉に就て行われたこれら高エネルギー燐酸化合物の定量は，二三の報告[1)2)3)]を除いては余り多く見当らない。その上従来広く利用されてきたこれら物質の定量法では，その絶対値に於て可成の疑問が残されているものと考えられる。

最近 Cohn & Carter 等[4)]はイオン交換反応を利用して，ADP 並びに ATP 等の分析法を考案して ATP 製品の分析を行い，更に宮崎・内田・佐藤等[5)]は生筋に対する応用を報告している。

著者等は水産動物筋肉に於ける CP，ADP，ATP の定量を行うに当つて，以上の分析法の検討とこれが応用に関して実験を行い二三の知見をえたのでこゝに報告する。

### 実験方法

(1) 試　料

(i) 家兎筋肉より分離した ATP $Ba_2 \cdot 4H_2O$**

(ii) 養殖鯉：体長20〜30cm，体重300〜450g

(2) 試　薬

(i) 樹脂：Amberlite IRA-400，Dowex-1 を使用し，前処理は宮崎・内田・佐藤等の方法[5)]に依つた。

---

*昭和29年10月日本水産学会北海道支部大会に於て発表

**北海道大学理学部山下生化学研究室より分与された。

(ii) 展開液：0.01N $NH_4Cl$…A液，0.003N HCl‥B液，0.02N NaCl in 0.01N HCl…C液，
0.2N NaCl in 0.01 NHCl…D液

(3) 測　定

家兎筋肉から抽出した ATP $Ba_2 \cdot 4H_2O$ 100mg を一定量の 0.1N HCl で溶解し，僅かに過量の $Na_2SO_4$ を加えて Ba を除去し，NaOH で中和後25cc定容とする。但しこの操作は ATP の不安定を考慮して，絶えず冷却しつゝ行う。この ATP $Na_2$ 溶液 1～2ccをとり濃 $NH_4OH$ で pH8～10 とし全量 30～50cc に稀釈して，クロマトグラムに供する。

養殖鯉は直接採肉(ATP の変化が相対的に最少であつた)即ち可及的低温に保ちつゝ魚体を押えつけ，部位に依る含量の差をさけるため脊筋の一定部分をメスで切りとり，予め冷却してある乳鉢中で10倍量の2％$HClO_4$と少量の海砂と共に擂磨，濾過し濾液4～5ccを濃 $NH_4OH$ で pH8—10 とし全量 30～50ccに稀釈してクロマトグラムに供する。

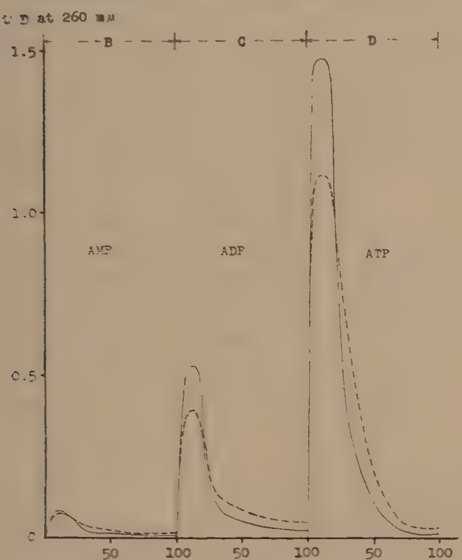



Fig. 1.　Separation curve of adenosine-polyphosphate by ion exchanger
exchanger : amberlite IRA—400
test material : ATP $Ba_2 4H_2O$
flow speed : 1cc/min.
—— : fine particle
------ : coarse particle
abscissa : ml of reagent through column

上述の如くして，えられた試料液を Cohn & Carter 法に依つて分析，島津分光光度計に依り260mμ の吸光度から定量値を算出した。

## 実　験　結　果

### (1) イオン交換反応条件の検討

(i) **粒度**：樹脂の粒度がこのイオン交換反応に可成大きな影響力を示している。例えば市販 Amberlite IRA–400そのまゝの粒度では乳鉢で良く磨砕したものに比べて，ADP,ATP の溶出が遅く各区分の分離も悪いが溶出全量には大差がなかつた。第1図に結果を示す。

(ii) **樹脂の種類**：化学組成の同一である Amberlite IRA–400 と Dowex–1 では稍後者に良い分離の程度を示したけれども，これは著者等のえた Dowex–1 が極度の微粉(200～400mesh)であつた(微粉のため吸着管がつまり操作に困難を感じた)ための結果と思われる。但し溶出全量には差がない。これは筋肉抽出液でも同じ結果が見られた。分析結果を第1表に示す。

Table 1.　Analysis of ATP
Per cent recovery from two kinds of ion exchanger

| Exp. | Resin | Adenine Adenosine | AMP | ADP | ATP | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Amberlite | 0 | 4.9 | 26.0 | 66.4 | 97.3 |
| | Dowex | 0 | 4.8 | 25.7 | 67.3 | 97.8 |
| 2 | Amberlite | 0 | 4.7 | 26.6 | 66.0 | 97.3 |
| | Dowex | 0 | 4.7 | 26.0 | 66.9 | 97.6 |

（iii） **展開液の流速**：展開液の流速は溶出量に多少の影響をもつている様に思われるが，±0.5 cc/min. の範囲では溶出量1〜2%の差にすぎず特に重視する必要はないと思われる。これは第2表に示す。

Table 2. Analysis of ATP
Per cent recovery from ion exchanger by different flow speeds

| Flow speed cc/min. | Adenine Adenosine | AMP | ADP | ATP | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.5 | 0 | 3.3 | 25.1 | 68.3 | 96.7 |
| 1.5 | 0 | 3.8 | 24.5 | 67.9 | 96.2 |
| 1 | 0 | 4.4 | 25.6 | 67.4 | 97.4 |
| 1 | 0 | 4.7 | 25.1 | 67.5 | 97.3 |
| 1 | 0 | 4.9 | 22.7 | 67.4 | 95.0 |
| 1 | 0 | 4.3 | 23.3 | 66.9 | 94.5 |
| 0.7 | 0 | 5.4 | 24.4 | 66.7 | 96.5 |
| 0.7 | 0 | 4.9 | 24.8 | 67.3 | 97.0 |

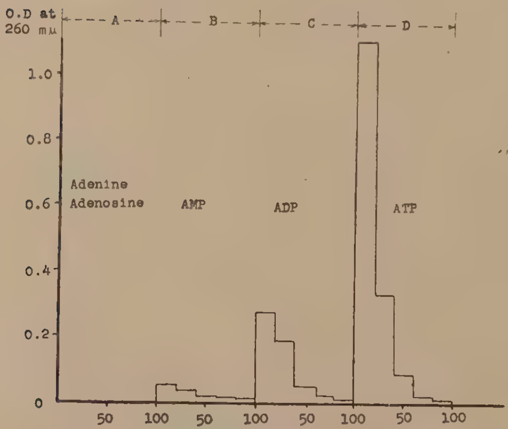



Fig. 2. Ion exchange separation of adenosinepolyphosphate
exchanger : amberlite IRA—400
test material : ATP $Ba_2 \cdot 4H_2O$
flow speed : 1cc/min.
abscissa : ml of reagent through column

(2) **ATP製品の分析**

家兎筋肉から抽出した ATP 製品の分析を行い，260mμの吸光度から第2図の溶出ヒストグラフをえた。A区分に流出されるのは，Adenine, Adenosine 及びその他の不純物であろうと思われる。B区分は AMP，C 区分は ADP，D区分は ATP である。尚樹脂の容量はすべての分析に於て 1 $cm^2$ × 1 cm である。

又この分析に関する回収率の検討の結果は第3表に示す如くである。

即ち著者等の研究に於ても Cohn & Carter の報告（90〜97%）と同一の回収率が得られた。又同一の試料液に就て1〜2%の誤差範囲で分析値を再現できる事も明らかである。尚得られたC，D区分の吸光度から算出した ADP，ATP 量を活弧で表した。単位は mg/10mg ATP $Ba_2 \cdot 4H_2O$である。

Table 3. Per cent recovery from ion exchanger based on 260 mμ absorption of starting material

| Exp. | Adenine Adenosine | AMP | ADP | | ATP | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 4.3 | 25.1 | (1.06) | 68.3 | (3.54) | 97.7 |
| | 0 | 3.8 | 24.5 | (1.04) | 67.9 | (3.48) | 96.2 |
| 2 | 0 | 2.0 | 14.5 | (0.59) | 80.0 | (3.88) | 96.5 |
| * | 0 | 2.3 | 14.9 | — | 76.5 | — | 93.7 |

* Analytical data by Cohn & Carter[4]

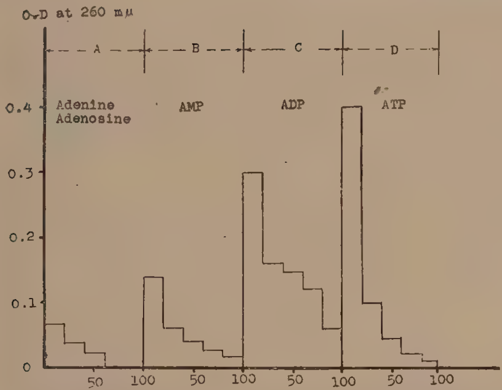



Fig. 3. Separation of adenosinepolyphosphate in carp muscle by ion exchanger
exchanger : amberlite IRA—400
test material : muscle extract
flow speed : 1cc/min.

かくして著者等は Cohn & Carter の方法を適用して，彼等が得た結果を殆んど再現する事ができた。

**(3) 生筋の分析**

次いで著者等は ATP 製品の場合と全く同様にして筋肉抽出液の分析を行つた。溶出ヒストグラフは第3図の様にえられた。

著者等は鯉筋肉に就て幾度となく ADP, ATP区分の分離の悪い事実，あるいはATPに対する ADP の相対的な大きい値を経験しているが，これらは生筋の分析に就て課せられた重大な問題であろうと思われる。尚分析に関する回収率の検討の結果を第4表に示す。

Table 4. Per cent recovery from ion exchanger based on 260 mμ absorption of starting material

| Exp. | Adenine Adenosine | AMP | ADP | ATP | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6.7 | 7.3 | 33.6 | 45.7 | 93.3 |
| | 6.7 | 7.4 | 33.0 | 46.6 | 93.7 |
| 2 | 9.6 | 12.1 | 33.9 | 37.6 | 93.2 |
| | 9.0 | 12.6 | 33.3 | 36.8 | 91.7 |
| 3 | 4.8 | 8.7 | 48.6 | 32.1 | 94.2 |
| | 4.7 | 8.5 | 46.4 | 33.4 | 93.0 |

ATP製品の場合に比べて全回収率が減少している傾向が明らかであり，こゝでも生筋に於ける不純物の問題が提起される。但し同一の試料液に就て1～2%の誤差範囲で充分再現できる。

尚 Adenosinepolyphosphate の定量のために，従来広く用いられてきた方法である Fiske & Subbarow 法[6]による ATP 製品と筋肉抽出液に関する定量値を，Cohn & Carter 法のそれと比較して結果を第5表に示す。

Table 5. Comparison of Fiske & Subbarow's and Cohn & Carter's methods

| Method / Exp. | Fiske & Subbarow's method | Cohn & Carter's method | | |
|---|---|---|---|---|
| | ATP based on △7P | ATP+ADP | ATP | ADP |
| Muscle extract | 2.40 | 1.87 | 0.85 | 1.02 |
| | 1.73 | 1.44 | 0.79 | 0.65 |
| | 1.65 | 1.24 | 0.47 | 0.77 |
| | 1.83 | 1.52 | 0.78 | 0.74 |
| | 1.70 | 1.35 | 0.46 | 0.89 |
| ATP prepared | 46.85 | 43.57 | 35.94 | 7.63 |
| | 48.90 | 45.25 | 36.58 | 8.67 |

Unit : Muscle extract (mg/g wet wt.), ATP prepared (mg% ATP $Ba_2 \cdot 4H_2O$)

イオン交換反応に依つて定量したADP+ATP量は，本質的に七分燐(△7p)に基づくATP量と比較しうべき値ではないか便宜上対照した。Fiske & Subbarow 法の添加試験の結果は著者等が検討した所94~96%であるがそれにも拘らず Cohn & Carter 法に依る定量値より常に高い値を示している。一方 Cohn & Carter 法の添加試験の結果は97~98%の回収率を示すから，この値の変差は明らかに方法それ自身の本質的差異に基くものと解釈すべきである。又 Uridine, Cytidine polyphosphates の存在が明らかになつている折から，これら物質から遊離される燐酸量も無視できないと考えられる。

結局生筋中の Adenosinepolyphosphate の分析のためには，Fiske & Subbarow 法その他の従来法はいわば間接法である上に混在する種々の不安定な有機燐酸化合物の影響をうけ易い事実を考えると，Cohn & Carter 法は高い回収率と再現性で水産動物筋肉中の ADP，ATP の評価をなしうる事が明らかである。

従つてこの分析法に依つて著者等が 1954~1955 年にわたつて，鯉筋肉中の Adenosinepolyphosphateの分布を測定した結果を第6表に示す。同時に著者等が測定した CP 含量をも対照のためかゝげた。

Table 6. Amounts of adenosinepolyphosphates in carp muscle (mg/g wet wt.)

| Month | ADP | ATP | CP * | Note |
|---|---|---|---|---|
| Mar. | 0.64 | 0.50 | 0.51 | fatigue |
| | 0.64 | 0.50 | 1.23 | |
| June | 0.41 | 1.50 | 2.35 | |
| | 0.63 | 1.18 | 0.87 | fatigue |
| July | 0.50 | 1.23 | 2.60 | |
| | 0.60 | 1.80 | 2.29 | |
| Aug. | 0.80 | 0.76 | — | |
| Sept. | 1.04 | 1.57 | 1.14 | |
| | 1.08 | 1.38 | 0.90 | fatigue |
| Oct. | 1.26 | 0.78 | 1.95 | |
| | 1.08 | 0.91 | 2.52 | |
| Dec. | 1.21 | 1.04 | 1.76 | |
| | 1.12 | 0.79 | 2.35 | |
| Feb. | 1.10 | 1.28 | 2.93 | |
| | 0.74 | 0.78 | 2.54 | |
| | 0.89 | 2.08 | 3.69 | Guinea pig |

* Saito & Arai (unpublished)

## 考　　察

Cohn & Carter 法に依る Adenosinepolyphosphate の分析では，何よりも各成分の分離が良く行われなければならない。著者等の研究に於ても樹脂の粒度・容量・展開液の流速・種類等に依つて多少影響された。その他展開試薬の濃度，pH，容量に依つて適当に加減されるものである。[8]

鯉筋肉中の ADP，ATP 保存量は恐らく筋肉の生理条件の差異に起因する事大である，従つて鯉筋肉中のこれら物質の保存を ADP：0.6~1.2，ATP; 0.5~1.5mg/g wet wt. として，哺乳類その他の動物の保存量と比較して第7表に示した。

Table 7. Comparison of adenosinepolyphosphate contents in muscle of various animals (mg/g wet wt.)

| Animal | ADP | ATP | CP | Note |
|---|---|---|---|---|
| Rabbit* | 0.38 | 2.36 | 4.38 | Gastro cnemius muscle |
| Frog* | 0.53 | 1.06 | 2.14 | 〃 |
| Guinea pig | 0.89 | 2.08 | 3.69 | 〃 |
| Carp | 0.60～1.20 | 0.50～1.50 | 1.00～2.50 | Dorsal muscle |

* Analytical Data by Miyasaki *et al.*[5]

即ち鯉筋肉の保有するエネルギー準位は高くはない事が確められる。

尙著者等の得た結果に於ては，あたかも冬眠中の蟇の筋肉で観察される様に，10月をすぎた鯉の非活動期に於て ADP の保存量が ATP のそれよりも高くなる傾向が見られる事は非常に興味ある事実である。この現象は特に下等動物に多く見られるといわれるが，著者等の得た結果は果してこの事実にそつたものかどうかは，更に今後の研究に待たなければならない。

近来 Uridine, Cytidine polyphosphate 及びその誘導体の動物組織(肝臓・筋肉[7,8])に於ける分布並びに生理的活性に関する研究が非常に進んでいるが，Sacks[9]の報告でもこれら物質の混入が本方法に障害を生ずるとしている。著者等は生筋の分析に当つて前述の如く，ADP と ATP の分離が異常に悪い事実並びに全回収率の悪い事実をしばしば経験しているが，之はあるいは以上の障害に依るのであるかも知れない。この点に関しては更に今後の研究に解明を期しているが，いづれにしてもこれら混入物質の筋肉中の絶対量はかなり少い値であるから，本方法に対して大きな影響は加わつていないと考えている。

## 要　　約

水産動物筋肉中の有機燐酸化合物に関する研究の一環として，高エネルギー燐酸化合物特にADP, ATPの定量を行うため，Cohn & Carter の報ずるイオン交換反応に依る方法をATP 製品を用いて種々検討した。次いでこの方法を鯉生筋に応用した結果適当な方法である事を認め，更に一年間定量を続行してその変遷をしらべた結果，非活動期と考えられる冬期に於てADPの保有量が相対的に高くなる傾向にある事を知つた。

尙本研究の遂行に当り分析法その他に就て，多くの御便宜と御助言を賜つた札幌医大生理学教室永井寅夫教授，宮崎英策助教授，内田倖喜氏並びにATP Ba 塩の調整と分与に関して，御便宜と御助言を賜つた北大理学部山下生化学研究室高杉直幹教授，渡辺静夫助教授，佐々木昭雄氏に深謝する。

## 文　　献

1) Tarr, H. L. A. (1950). *J. Fish. Res. Bd. Can.* **7**, 608.
2) 山田紀作・新間弥一郎・鈴木たね子 (1948). 日水誌 **4**, 41.
3) 佐々木林次郎・藤巻正生・古城健三・田中敏夫 (1953). 農化 **27**, 725.
4) Cohn, W. E. & Carter, C. E. (1950). *J. Am. Chem. Soc.* **72**, 4273.
5) 宮崎英策・内田倖喜・佐藤寛 (1954). 札医誌 **5**, 371.
6) Fiske, C. M. & Subbarow, Y. C. (1929). *J. Biol. Chem.* **81**, 629.
7) Schmitz, H., Husebert, P. B. & Potter, V. R. (1954). *Ibid.* **209**, 41.
8) Smith, E. E. B & Mills, G. T. (1954). *Biochim. et Biophys. Acta* **13**, 386.
9) Sacks, J., Littwak, L. & Hurley, P. D. (1954). *J. Am. Chem. Soc.* **76**, 424.

昭和30年 11 月 1 日印刷
昭和30年 11 月15日発行

編集人　元　田　茂
函館市港町253　北海道大学水産学部

印刷所　第　一　印　刷
函館市恵比須町1の2

印刷人　板　垣　雄　二
函館市恵比須町1の2

発行所　北海道大学水産学部
函館市港町253

BULLETIN
OF THE
FACULTY OF FISHERIES

Vol. 6, No. 3

CONTENTS